Incluye 2CD

Circuitos de Fluidos. Suspensión y Dirección

MACMILLAN Profesional

Circuitos de Fluidos. Suspensión y Dirección

Esteban José Domínguez

Julián Ferrer

MACMILLAN Profesional

Unidad 1 - Prevención de riesgos laborales y tratamiento de residuos 8

1 >> Riesgos laborales y prevención 9

2 >> Riesgos en el taller de electromecánica 10

3 >> Medidas de prevención 11

3.1 > Medidas de protección colectivas 11

3.2 > Medidas de protección individuales EPIs 12

3.3 > Clasificación de los EPIs 13

4 >> Señalización en el taller 14

4.1 > Señalización con paneles homologados 14

4.2 > Señalización con señales luminosas, acústicas y en el suelo 17

4.3 > El marcado «CE» 17

5 >> Gestión ambiental, almacenamiento y retirada de residuos 18

5.1 > Residuos sólidos urbanos comunes 18

5.2 > Residuos peligrosos 18

5.3 > Residuos urbanos de tipo voluminoso 19

5.4 > Emisión de gases y vertidos 19

5.5 > Almacenamiento de productos peligrosos 19

6 >> Fichas de seguridad 20

6.1 > Información recogida en las fichas 20

6.2 > Ejemplo de ficha de seguridad 22

Unidad 2 - Sistemas de unión y guiado 30

1 >> Unión de mecanismos 31

2 >> Sistemas de unión y sujeción 32

2.1 > Tornillos, espárragos y pernos 32

2.2 > Tuercas 33

2.3 > Arandelas 33

2.4 > Circlips o anillos seeger 34

2.5 > Tornillos prisioneros 34

2.6 > Pasadores 34

2.7 > Chavetas 34

2.8 > Abrazaderas o bridas 35

3 >> Sistemas de guiado y apoyo 36

3.1 > Rodamientos 36

3.2 > Casquillos de fricción 37

3.3 > Rótulas 38

4 >> Sistemas de estanqueidad 42

4.1 > Juntas de estanqueidad 42

4.2 > Retenes de estanqueidad 42

4.3 > Juntas tóricas 42

4.4 > Guardapolvos 42

5 >> Sistemas de unión elásticos y eléctricos 44

Unidad 3 - Transmisión de movimiento y mecanismos 50

1 >> Transmisión de movimiento 51

1.1 > Velocidad de un mecanismo 51

1.2 > Revoluciones por minuto 52

1.3 > Fuerza 52
1.4 > Momento de inercia o par 52
1.5 > Potencia 53
1.6 > Rendimiento 53
2 >> Mecanismos 55
2.1 > Ruedas y conos de fricción 55
2.2 > Engranajes o ruedas dentadas 56
2.3 > Poleas y correas 60
2.4 > Cadenas 62
2.5 > Palancas 64
2.6 > Biela-manivela 65
2.7 > Leva 65
2.8 > Tornillo y tuerca 66
2.9 > Árboles o ejes de transmisión 66

Unidad 4 - Magnitudes y leyes de los circuitos de fluidos 72
1 >> Fluidos empleados en los vehículos 73
2 >> Propiedades de los líquidos y gases 74
2.1 > Densidad 74
2.2 > Viscosidad 74
2.3 > Capilaridad 75
3 >> La presión en los fluidos 76
3.1 > Definición de presión 76
3.2 > Presión absoluta y relativa 76
3.3 > Unidades de presión 77
3.4 > Útiles de medida 77
4 >> Leyes de los gases 79
4.1 > Ley de Boyle-Mariotte 79
4.2 > Ley de Gay-Lussac 80
5 >> Principio de Pascal 81
6 >> Caudal y principio de continuidad 82
7 >> Circuitos neumáticos e hidráulicos 83
7.1 > Roscas empleadas 83
7.2 > Racores de conexión 84

Unidad 5 - Componentes y circuitos neumáticos 92
1 >> Neumática y aire comprimido 93
2 >> Compresores o generadores de aire comprimido 95
2.1 > Compresor de pistones 96
2.2 > Compresor de membrana 97
2.3 > Compresores rotativos 97
3 >> Tratamiento del aire comprimido 99
3.1 > Filtrado de partículas abrasivas 99
3.2 > Secado del aire 99
3.3 > Lubricación del aire 100
3.4 > Regulación de la presión 101
3.5 > Unidad de mantenimiento 102

4 >> Calderines y acumuladores de aire 103
5 >> Canalizaciones 104
6 >> Actuadores 106
6.1 > Cilindros 106
6.2 > Motores neumáticos 109
7 >> Válvulas 110
7.1 > Válvulas distribuidoras y de mando 110
7.2 > Válvulas de bloqueo y conmutación 113
7.3 > Válvulas de caudal y presión 114
7.4 > Válvulas proporcionales 116

Unidad 6 - Hidráulica 122
1 >> Introducción a la hidráulica 123
2 >> Circuitos hidráulicos 126
2.1 > Circuito hidráulico de centro abierto 126
2.2 > Circuito hidráulico de centro cerrado 127
3 >> Bombas hidráulicas 128
3.1 > Bombas de engranajes 128
3.2 > Bomba de rotor 130
3.3 > Bomba de paletas 130
3.4 > Bomba de pistones 131
3.5 > Mantenimiento de las bombas 134
4 >> Filtros, acumuladores y depósitos 135
5 >> Enfriadores o intercambiadores de aceite 137
6 >> Tuberías 138
6.1 > Tuberías flexibles 140
6.2 > Tuberías rígidas 140
7 >> Actuadores: cilindros y motores 141
7.1 > Cilindros 141
7.2 > Motores hidráulicos 143
8 >> Válvulas hidráulicas 145
8.1 > Válvulas distribuidoras y de mando 145
8.2 > Válvulas de bloqueo y conmutación 146
8.3 > Válvulas reguladoras de caudal 146
8.4 > Válvulas proporcionales 147

Unidad 7 - Circuitos neumáticos e hidráulicos 154
1 >> Circuitos neumáticos e hidráulicos y su diseño 155
1.1 > Diagrama de movimientos del cilindro 156
1.2 > Fuerza desarrollada por un cilindro 157
2 >> Distintos tipos de circuitos 160
2.1 > Circuitos con un cilindro de simple efecto 160
2.2 > Circuitos con cilindros de doble efecto 161
2.3 > Circuitos con finales de carrera 161
3 >> Circuitos en vehículos 163
3.1 > Circuito neumático del freno motor 163
3.2 > Circuito hidráulico de una dirección 163

3.3 > Circuito neumático gestionado electrónicamente 165
3.4 > Circuito hidráulico gestionado electrónicamente 166
3.5 > Circuito hidráulico de barras estabilizadoras desacoplables 166

Unidad 8 - Sistemas de suspensión de vehículos 172
1 >> La suspensión 173
2 >> Dinámica de la suspensión 174
2.1 > Centro de balanceo y centro de gravedad 174
2.2 > Transferencia de carga 174
2.3 > Masas suspendidas y no suspendidas 175
2.4 > Oscilación 176
3 >> Elementos que intervienen en la suspensión 177
3.1 > *Silentblock* y cojinetes elásticos 177
3.2 > Rótulas 178
3.3 > Mangueta y buje 178
3.4 > Trapecio o brazo de suspensión 179
3.5 > Tirantes de suspensión 179
3.6 > Barra estabilizadora 179
3.7 > Topes de suspensión 180
3.8 > Elementos elásticos 180
3.9 > El amortiguador 184
4 >> Tipos de suspensiones mecánicas 190
4.1 > Suspensión de eje rígido 190
4.2 > Suspensión independiente 193
5 >> La suspensión en los vehículos industriales 197
6 >> La suspensión en motocicletas 198
7 >> Diagnóstico del sistema de suspensión 200
7.1 > Comprobación sin banco de suspensión 200
7.2 > Comprobación con banco de suspensión 202

Unidad 9 - Suspensión hidroneumática, regulación de altura y control de balanceo 210
1 >> Suspensión hidroneumática 211
1.1 > Principio de la suspensión hidráulica 211
1.2 > Circuito hidráulico principal 212
1.3 > Circuito hidráulico de la suspensión 216
1.4 > Funcionamiento de la suspensión 219
1.5 > Regulación de alturas 221
2 >> Suspensión hidractiva 224
2.1 > Estados de funcionamiento 224
2.2 > Componentes de la suspensión hidractiva 226
2.3 > Mantenimiento y autodiagnosis de la suspensión hidractiva 230
2.4 > Evolución de la suspensión hidractiva 233
2.5 > Otras suspensiones hidroneumáticas. Suspensión ADS 237
3 >> Suspensión con regulación de nivel 241
3.1 > Suspensión mecánica con regulación de nivel 241
3.2 > Suspensión mecánica con regulación de nivel y amortiguación controlada 242
3.3 > Amortiguadores hidroneumáticos autonivelantes 251

Unidad 10 - Suspensión neumática y sistemas antibalanceo 258

1 >> Suspensión neumática 259

2 >> Suspensión neumática en automóviles 260

2.1 > Regulación de altura para el eje trasero 260

2.2 > Suspensión neumática integral 266

3 >> Suspensión neumática con amortiguación adaptativa 272

3.1 > Constitución y funcionamiento 272

3.2 > Regulación de la amortiguación 273

4 >> Suspensión neumática en vehículos industriales 274

4.1 > Constitución de la suspensión neumática en los vehículos industriales 275

5 >> Verificación de la suspensión neumática 281

5.1 > Verificación de las electroválvulas del sistema 281

5.2 > Calibración del transmisor, sensor de altura o válvula de nivel 281

5.3 > Verificación de los fuelles neumáticos 281

6 >> Sistemas antibalanceo 282

6.1 > Sistema antibalanceo *System Citroën/Control Active Roulis* SC-CAR 282

6.2 > Sistema antibalanceo *Active Roll Stabilization* (ARS) 286

6.3 > Barras estabilizadoras desacoplables 288

Unidad 11 - Dirección mecánica y geometría de los ejes 294

1 >> La dirección 295

1.1 > El volante 297

1.2 > Árbol de dirección 298

1.3 > Cajas de dirección desmultiplicadoras 298

1.4 > Tirantería de mando 301

2 >> Direcciones de doble eje 303

3 >> Geometría de ejes 304

3.1 > Cuadrilátero de Ackermann 304

3.2 > Ángulo de empuje 305

3.3 > *Set back* 305

3.4 > Vía y batalla del vehículo 305

4 >> Geometría y ángulos en las ruedas 306

4.1 > Paralelismos: convergencia o divergencia 306

4.2 > Ángulo de caída 308

4.3 > Ángulo de salida 309

4.4 > Ángulo de avance 309

5 >> Alineación de la dirección 310

5.1 > Equipos de medición 310

5.2 > Preparaciones iniciales para la medición 311

5.3 > Ejemplo de cotas en un vehículo 312

5.4 > Averías por fallos en los ángulos de la dirección 312

Unidad 12 - La dirección asistida 318

1 >> La dirección asistida 319

2 >> Dirección hidráulica 320

3 >> Dirección con asistencia hidráulica 321

3.1 > Circuito hidráulico de la dirección 321

3.2 > Dirección hidráulica de tornillo sinfín 325

3.3 > Dirección hidráulica de cremallera 326

4 >> Dirección hidráulica gestionada electrónicamente 328
4.1 > Servotronic ZF 329
4.2 > Dirección electrohidráulica EPHS 331
4.3 > Componentes de la dirección electrohidráulica 332
4.4 > Servodirección paramétrica PML 338
5 >> Dirección con asistencia eléctrica 342
5.1 > Dirección activa AFS 342
5.2 > Dirección electromecánica de doble piñón 344
5.3 > Otras direcciones eléctricas 350
6 >> Mantenimiento y diagnosis de las direcciones asistidas 351
7 >> Dirección a las cuatro ruedas 352
7.1 > Funcionamiento del sistema 352

Unidad 13 - Ruedas 360
1 >> La rueda como elemento de transporte y seguridad 361
1.1 > Llanta y neumático 361
1.2 > Dimensiones de las ruedas 362
2 >> Parte metálica de la rueda: la llanta y el disco 363
2.1 > Partes de la llanta 363
2.2 > Terminología de la llanta 364
3 >> El neumático 366
3.1 > Partes del neumático 366
3.2 > Características dimensionales y marcaje del neumático 367
3.3 > Uso de cámara o uso de válvula 372
4 >> Equilibrado y optimizado de ruedas 375
4.1 > Equilibrado de una rueda 376
4.2 > Optimizado de las ruedas 376
5 >> Tipos de neumáticos según el vehículo 378
5.1 > Neumáticos de motocicletas, turismos y 4 x 4 378
5.2 > Neumático de competición 378
5.3 > Neumático agrícola 379
5.4 > Neumático de camioneta, camión y vehículo industrial 380
6 >> Mantenimiento del neumático 381
6.1 > Verificación de la presión 381
6.2 > Análisis del desgaste y deterioro del neumático 381
7 >> Reparación del neumático 384
8 >> Recauchutado y reesculturado 386
8.1 > El recauchutado 386
8.2 > El reesculturado 386
9 >> Nuevas tecnologías en los neumáticos 387
9.1 > Neumáticos con el sistema *run flat* 387
9.2 > Neumáticos con sistema *pax system* 387
9.3 > Neumático sin aire *tweel* 388
9.4 > Sistema de control de la presión de los neumáticos 388
10 >> Conservación, almacenamiento y reciclaje de neumáticos 390

Apéndice I: simbología hidráulica y neumática 396

Apéndice II: relación de figuras 402

unidad 1

Prevención de riesgos laborales y tratamiento de residuos

SUMARIO

- Riesgos laborales y prevención en el taller de electromecánica
- Medidas de prevención
- EPI y su clasificación
- Señalización en el taller
- Fichas de seguridad
- Gestión ambiental, almacenamiento y retirada de residuos

OBJETIVOS

- Conocer los riegos laborales del taller.
- Estudiar las medidas de prevención colectiva de riesgos.
- Estudiar las medidas de prevención individual o EPI y su clasificación por categorías.
- Identificar los paneles de señalización.
- Analizar las fichas de seguridad.
- Conocer la gestión ambiental, el almacenamiento y retirada de residuos del taller.

1 >> Riesgos laborales y prevención

Se define **riesgo** como la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de su actividad laboral. En la clasificación de un riesgo, desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y su severidad.

Se entiende por **prevención** el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad con el fin de evitar o disminuir los riesgos durante el trabajo.

Los trabajadores están protegidos por normas y leyes que aseguran que el trabajo se realice en unas condiciones mínimas de seguridad. La **Ley de Prevención de Riesgos Laborales** tiene como objetivo "promover la seguridad y la salud de los trabajadores" a través de medidas y actividades destinadas a la prevención de riesgos derivados del trabajo.

La seguridad laboral en los centros de trabajo es una tarea conjunta entre las administraciones públicas, como organismos reguladores y de control; las empresas, encargadas de diseñar los centros de trabajo; y los trabajadores, como responsables últimos del correcto uso de los equipos que se ponen a su disposición.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece obligaciones y responsabilidades para los tres colectivos:

– La **principal responsabilidad de las administraciones públicas** competentes en materia de seguridad es la promoción de la prevención, el asesoramiento técnico, la vigilancia y el control del cumplimiento de la ley.
– Las **obligaciones y deberes básicos del empresario** son las siguientes:
  • Programar la formación e información de los trabajadores.
  • Vigilar la salud laboral.
  • Dotar al taller o centro de trabajo de todas las condiciones de seguridad en cuanto a edificación y evacuación, suelos antideslizantes, barandillas, iluminación, ventilación, aseos, espacios mínimos entre máquinas, etc.
  • Señalizar correctamente las instalaciones, salidas de emergencia, extintores y demás equipos.
  • Adquirir los útiles y equipos homologados y marcados con la norma CE.
  • Programar el mantenimiento periódico de las instalaciones y equipos.
– Las **obligaciones del trabajador** son las siguientes:
  • Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.
  • Utilizar de forma adecuada los equipos, máquinas y herramientas.
  • No desconectar los dispositivos de seguridad de las máquinas y utilizarlos de forma adecuada.
  • Usar correctamente los equipos de protección individual o EPI (figura 1.1).
  • Cooperar con el empresario y con los trabajadores que tengan funciones específicas en materia preventiva para que se cumplan las medidas establecidas en la evaluación de riesgos.

Prevenir antes que curar

La mejor manera de reducir los riesgos y accidentes es prevenirlos antes de que ocurran.

1.1. Pintor equipado con equipos de protección personal.

2 >> Riesgos en el taller de electromecánica

Los riesgos en los talleres de electromecánica se pueden producir en el área de recepción, de diagnóstico o de reparación. Los riesgos más frecuentes se describen en la siguiente tabla.

Principales riesgos en el taller de electromecánica	
Riesgos	**Causas**
Inhalación de productos tóxicos o nocivos	- Exposición a humos de escape de los vehículos en funcionamiento sin la instalación adecuada de extracción o ventilación. - Uso incorrecto de productos tóxicos, anticongelante, gasolina, aceites, etc. durante el mantenimiento del vehículo.
Proyección de partículas o líquidos en los ojos	- Realización inadecuada de trabajos de limpieza de piezas a mano o con máquinas. - Incorrecto desmontaje y montaje de piezas, en cuyo desarrollo se proyectan pequeños fragmentos, restos de líquidos, etc. - Al vaciar los depósitos de combustible para su sustitución o reparación.
Caídas al mismo nivel	- Falta de orden y limpieza. - Existencia de aceites y sustancias deslizantes en el suelo sin usar calzado con suela antideslizante.
Atrapamientos	- No prestar atención durante el funcionamiento de elementos móviles del vehículo (motor, transmisiones, etc.) o en las operaciones de montaje. - Utilización incorrecta de máquinas o herramientas durante un trabajo de mantenimiento o reparación.
Ruido	- Uso de herramientas y equipos de accionamiento neumático o eléctrico durante las actividades a realizar en el taller.
Sobreesfuerzos	- Adopción de posturas forzadas en los trabajos de montaje o desmontaje. - Manipulación de piezas de peso considerable durante reparaciones o sustituciones de cajas de cambios, motores, etc.
Quemaduras	- Manipulación de distintas partes del vehículo sometidas a elevadas temperaturas: tubos de escape, sistemas de refrigeración, etc. - Contacto accidental de la piel con ácido de las baterías o con el gas refrigerante del circuito del aire acondicionado.
Contacto con sustancias nocivas o tóxicas	- Por contacto accidental de la piel con productos como anticongelantes, aceites, etc.
Golpes y cortes	- Uso incorrecto de las herramientas de trabajo o manipulación imprecisa de piezas cortantes. - Manipulación incorrecta de las piezas y caída de las mismas. - Herramientas defectuosas, inadecuadas o utilizadas incorrectamente. - No utilizar guantes de protección o calzado de seguridad en los trabajos mecánicos. - Falta de orden y limpieza.
Contactos eléctricos	- Descargas eléctricas debidas a la manipulación inadecuada de los sistemas de encendido, cableado, conexiones, etc.
Incendios y explosiones	- Uso de productos con alto grado de combustibilidad e inflamabilidad en las operaciones de sustitución o reparación de los elementos de circuitos del automóvil (p. ej. gasolina, gas refrigerante, etc.). - Falta de adecuada instalación de prevención y extinción de incendios. - Inflamación de los gases de las baterías al cargarlas.

3 >> Medidas de prevención

Las medidas de prevención tiene como fin disminuir el riesgo para evitar accidentes o enfermedades profesionales.

Las medidas de prevención que se emplean en los talleres se agrupan en dos grandes familias:

– Medidas de protección colectiva
– Medidas de protección individual o EPIs

3.1 > Medidas de protección colectiva

Las medidas de protección colectiva son las más eficaces y, como principio básico de seguridad, se deben anteponer a las de protección individual. Con ellas se reducen al máximo los riesgos de todos los trabajadores.

Las medidas de protección colectiva que se deben emplear son las siguientes:

– Distribuir adecuadamente los espacios y equipos de trabajo.
– Delimitar los pasillos mediante una correcta señalización.
– Mantener limpieza y orden en el puesto de trabajo.
– Evitar los suelos resbaladizos por derrame de líquidos, grasas, virutas o serrín, así como las superficies excesivamente pulidas.
– Concentrar en recintos aislados las operaciones o tareas ruidosas.
– Emplear sistemas de aspiración de gases y humos.
– Insonorizar de manera adecuada el compresor de aire.
– Señalizar correctamente las zonas de los fosos y elevadores.
– Almacenar todos los productos tóxicos y peligrosos en uno o varios locales separados del taller. Para pequeñas cantidades puede emplearse un armario de seguridad.
– Todas las máquinas e instalaciones deben tener marcado el símbolo CE y deben mantenerse en perfecto estado de funcionamiento.

1.2. Taller de electromecánica.

3.2 > Medidas de protección individual o EPI

Cuando las medidas de protección colectiva no son suficientemente eficaces o cuando se realizan trabajos en los que se debe complementar la seguridad, es necesario emplear equipos de protección individual o EPI.

Se entiende por EPI cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado para tal fin. Por tanto, un casco, unas orejeras o unos guantes son EPI, pero no lo es la ropa de trabajo normal, ya que no es de protección.

Para que un EPI sea considerado como tal debe cumplir unos requisitos mínimos, tanto desde el punto de vista legal como de las normas técnicas que le afectan y, por tanto, debe tener la correspondiente certificación y homologación que garantiza que cumple dichos requisitos.

El equipo de protección individual o EPI se emplea para uno o varios riesgos específicos. Por ejemplo, la protección ocular contra proyecciones de fragmentos o partículas se realiza con un equipo de protección individual, en este caso unas gafas homologadas.

Los **tipos de EPI** (figura 1.3) más empleados son
– Protectores de la cabeza: cascos y gorros.
– Protectores del oído: cascos protectores y tapones de oídos.
– Protectores de los ojos y de la cara: gafas y mascarillas.
– Protectores de las vías respiratorias: mascarillas de carbón activado.
– Protectores de las manos y los brazos: guantes y coderas.
– Protectores de los pies y piernas: botas y rodilleras.
– Protectores de la piel: guantes.
– Protectores del tronco y el abdomen: fajas.
– Protección total del cuerpo: monos especiales.

1.3. Operario con el equipo de protección individual.

3.3 > Clasificación de los EPI

Según la categoría del riesgo que se deba cubrir existen tres clasificaciones o grupos de los EPI (figura 1.4).

EPI de categoría I

Los EPI de categoría I son los modelos destinados a evitar riesgos mínimos cuyos efectos, cuando son graduales, pueden ser percibidos a tiempo y no representan excesivo peligro. Dado su sencillo diseño, se supone que el usuario puede juzgar por sí mismo su eficacia. Los principales riesgos que evitan son:

– Las agresiones mecánicas cuyos efectos son superficiales: dedales, delantales, etc.
– La exposición a productos de mantenimiento poco nocivos cuyos efectos sean fácilmente reversibles: guantes de protección contra soluciones detergentes diluidas, etc.
– Aquellos en que se pueda incurrir durante distintas tareas de manipulación de piezas calientes que no expongan al usuario a temperaturas superiores a 50 °C ni a choques peligrosos: guantes, delantales para uso profesional, etc.
– Los pequeños choques y vibraciones que no afectan a las partes vitales del cuerpo y que no pueden provocar lesiones irreversibles: gorros ligeros de protección del cuero cabelludo, guantes, calzado ligero, etc.
– La radiación solar: gafas de sol.

EPI de categoría II

Los EPI de categoría II son todos los que no estén incluidos en las categorías I y III.

EPI de categoría III

Los EPI de categoría III son de diseño complejo y están destinados a proteger al usuario de cualquier peligro mortal o que pueda causar daños irreversibles a la salud y cuyo efecto inmediato no sea fácil de descubrir a tiempo.

Entran exclusivamente en esta categoría los siguientes EPI:

– Los aparatos filtrantes de protección respiratoria que protegen contra los aerosoles sólidos y líquidos o contra los gases irritantes, peligrosos, tóxicos o radiotóxicos.
– Los equipos de intervención en ambientes calurosos cuyos efectos son comparables a los de una temperatura del aire igual o superior a 100 °C, con radiación de infrarrojos, llamas o grandes proyecciones de materiales en fusión o sin ellos.
– Los EPI destinados a proteger al operario contra las caídas desde una cierta altura.
– Los EPI destinados a proteger contra los riesgos eléctricos en los trabajos realizados a tensiones peligrosas o los que se utilicen como aislantes de alta tensión.

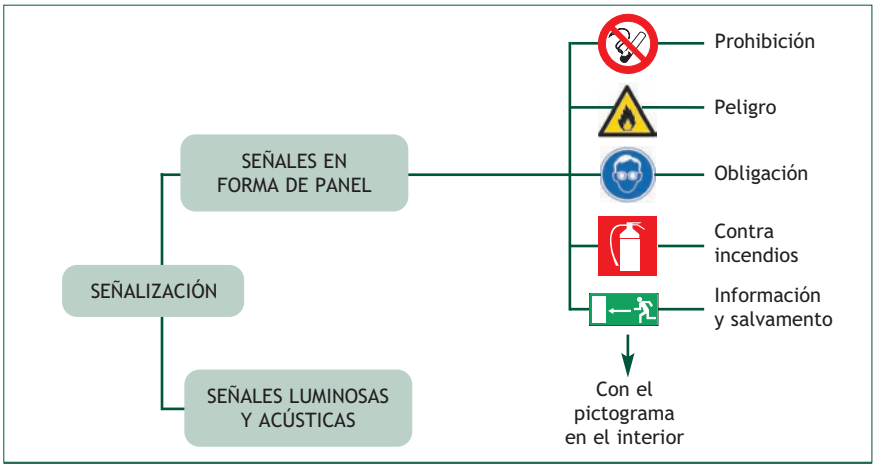
1.4. Marcaje de los EPI de las tres categorías.

1.6. Entrada de una sala de compresores.

4 >> Señalización en el taller

La información necesaria sobre el taller en materia de seguridad debe realizarse empleando dos tipos de señalización (figura 1.5):

– Con paneles homologados.
– Con señales luminosas, acústicas y marcas en el suelo.



1.5. Señalización empleada en el taller.

4.1 > Señalización con paneles homologados

Los paneles de señalización homologados son similares a las señales de circulación y se agrupan por tipo del mismo modo. Las señales más empleadas son las de peligro y advertencia, las de prohibición, las de obligación, contra incendios y las de información y salvamento.

Las señales de peligro, advertencia y obligación se pueden encontrar colocadas de forma conjunta en muchas zonas del taller, indicando la prohibición, las advertencias y el peligro existente en dicha zona, por ejemplo en la entrada de una sala de compresores (figura 1.6).

Señales de peligro y advertencia

Las señales de peligro y advertencia tienen forma triangular, su fondo es amarillo y sus bordes y el pictograma negros (figura 1.7). Las señales de materias nocivas o irritantes tienen fondo es naranja.

1.7. Señales de peligro y advertencia.

Señales de prohibición

Las señales de prohibición son circulares y tienen el fondo blanco, el pictograma negro y el borde de la señal y la banda transversal rojos (figura 1.8). El pictograma interior indica la prohibición de la señal.

1.8. Señales de prohibición.

Señales de obligación

Las señales de obligación son circulares, con el fondo azul oscuro y el pictograma y el borde blancos (figura 1.9). Indican la necesidad de emplear medidas de protección o un comportamiento determinado para acceder a una zona o para realizar un trabajo específico.

1.9. Señales de obligación.

Señales contra incendios

Las señales contra incendios tienen forma cuadrada, el fondo rojo, el pictograma de color blanco y carecen de borde (figura 1.10). Se emplean de forma exclusiva para la prevención de incendios y evacuación en caso de accidente.

1.10. Señales contra incendios.

Señales de información, primeros auxilios y salvamento

Las señales de información, primeros auxilios y salvamento tienen forma rectangular o cuadrada, el fondo verde con el borde y el pictograma blancos (figura 1.11).

1.11. Señales de información y salvamento.

1.12. Lavador de ojos con su panel indicador.

Las señales de información y salvamento se emplean para indicar las salidas de emergencia del taller, escaleras, puertas de emergencia, etc. También muestran la situación de los equipos de primeros auxilios, como el lavador de ojos (figura 1.12).

4.2 > Señalización con señales luminosas, acústicas y en el suelo

Las **señales luminosas** se emplean para indicar paneles de evacuación y emergencia. Disponen de una batería incorporada para alumbrar el panel sin corriente eléctrica de red.

Las **señales acústicas** se emplean para avisar con sonidos de una emergencia o del funcionamiento de una máquina. Por ejemplo, la marcha atrás de algunos vehículos dispone de un zumbido intermitente. También los elevadores de tijera al llegar a la zona de peligro se paran y emiten un pitido avisador.

La **señalización en el suelo** es muy importante para delimitar las zonas de paso (figura 1.13) y bajada de elevadores (figura 1.14). En estas pinturas se emplea pintura antideslizante y bandas adhesivas reflectantes y antideslizantes.

1.13. Señalización de zonas de paso.

1.14. Señalización del elevador.

4.3 > La marca CE

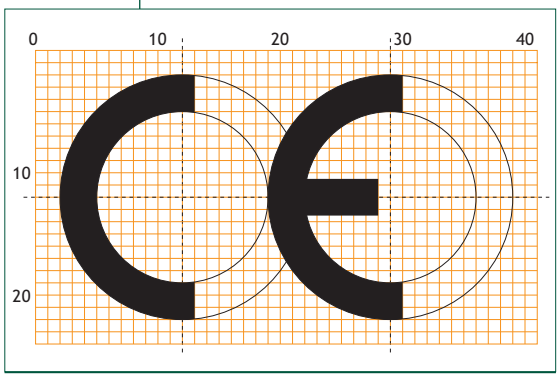
La marca CE (Conformidad Europea) simboliza la conformidad del producto con todos los requisitos impuestos al fabricante por la Comunidad Europea.

La marca CE colocada en los productos constituye una declaración de que:

– El producto se ajusta a todas las disposiciones comunitarias.
– Se han llevado a cabo los procedimientos pertinentes de evaluación de la conformidad.

La marca CE es obligatoria y debe colocarse antes de que un producto sujeto a la misma sea comercializado o puesto en servicio, salvo en el caso de que una directiva específica disponga lo contrario.

La marca CE debe tener la forma de la figura 1.15. Si se amplía o reduce su tamaño deben mantenerse las proporciones. Ha de colocarse de forma visible, legible e indeleble en el producto o en su placa de características. Sin embargo, si esto no es posible, como ocurre con las herramientas manuales, debe colocarse en el embalaje y en los documentos de acompañamiento.



1.15. Logotipo de marcado CE.

1.16. Contenedor de plásticos.

5 >> Gestión ambiental, almacenamiento y retirada de residuos

El taller de electromecánica genera gases y residuos que es necesario tratar y almacenar de forma adecuada para su posterior retirada por un agente autorizado.

5.1 > Residuos sólidos urbanos comunes

Los residuos sólidos urbanos comunes de carácter industrial son considerados como residuos industriales no peligrosos:

– **Cartón:** cajas de embalajes de repuestos y similares.
– **Plásticos:** envoltorios de piezas, fundas protectoras...
– **Residuos varios:** basura común.

El almacenamiento se puede realizar en contenedores o jaulas adecuadas sin mezclarlos (figura 1.16). La posterior retirada puede ser realizada por los servicios municipales de recogida de basura.

5.2 > Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos solamente pueden ser retirados por agentes autorizados que realizarán el transporte y posterior reciclado.

Los residuos peligrosos más generados en el taller de electromecánica son los siguientes:

– **Aceites y líquidos usados**, tales como refrigerantes, valvulinas, líquido de frenos o aceites hidráulicos y de motor procedentes de la reparación, mantenimiento o sustitución de estos productos.
– **Filtros usados y envases de aceites.**
– **Piezas que contengan productos peligrosos:** pastillas de frenos, zapatas, discos de embrague, etc.
– **Restos de papel, trapos y serrín impregnados de aceite.**
– **Botes de aerosoles** empleados en la limpieza y mantenimiento.
– **Baterías y pilas.** Las baterías contienen plomo y acido sulfúrico y las pilas contienen metales pesados muy contaminantes.

Dentro del taller se debe disponer de espacios y recipientes para el almacenaje de los residuos (figuras 1.17 y 1.18).

1.17. Recipiente de recogida de filtros.

1.18. Recipiente impermeable de recogida de residuos.

5.3 > Residuos urbanos de tipo voluminoso

Los residuos voluminosos requieren ser reciclados, pero no necesitan de un almacenaje tan cuidadoso al no existir derrames de líquidos.

Estos residuos se almacenan en contenedores y su retirada se realiza por los centros autorizados de tratamiento (CAT), antiguos desguaces o chatarreros.

Los residuos voluminosos del taller son los siguientes:

– **Neumáticos:** aunque no son considerados como residuos peligrosos, su parte negativa radica en su difícil descomposición, que puede llegar a durar cientos de años.
– **Chatarra:** dentro de este grupo predominan las piezas metálicas procedentes de la reparación o sustitución de componentes del vehículo.

5.4 > Emisión de gases y vertidos

Los talleres emiten muchos gases al exterior del taller que, en algunos casos, es necesario tratar con medidas correctoras. La emisión de gases se debe a las siguientes causas:

– **La quema de carburante en los motores de explosión.** Las emisiones son gases que atacan la capa de ozono, gases de efecto invernadero, humos negros, partículas, aerosoles, etc. El taller debe disponer de un equipo de aspiración para expulsarlos al exterior.
– **Gases procedentes del proceso de soldadura.** Estos gases no se pueden expulsar directamente al exterior, es necesario disponer de un equipo de aspiración y tratamiento (figura 1.19).

1.19. Equipo de aspiración y reciclaje de gases de soldadura.

Vertidos

Se debe prestar atención al vertido de líquidos a la red de saneamiento de aguas, principalmente las aguas de limpieza de las instalaciones y las sanitarias, ya que presentan gran cantidad de limpiadores no necesariamente biodegradables, espumas, aceites y otros fluidos de motor usados.

Cuando el taller dispone de un lavadero de piezas en obra, es necesario disponer de una doble red de desagüe. El agua y los restos de la limpieza del lavadero deben llevarse para ser descontaminada a un centro de tratamiento de residuos.

5.5 > Almacenamiento de productos peligrosos

Los productos peligrosos deben almacenarse en el taller respetando las normas indicadas en la siguiente tabla:

	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+ → Se pueden almacenar juntos
0 → Solamente podrán almacenarse juntos adoptando ciertas medidas
- → No deben almacenarse juntos

6 >> Fichas de seguridad

Las fichas de seguridad son los documentos que recogen, de forma clara, la información sobre los productos peligrosos empleados en el taller. Su elaboración debe ajustarse a lo indicado en el Anexo VIII del Real Decreto 255/2003.

Estas fichas han de ser facilitadas por el distribuidor siempre que el producto esté clasificado como peligroso. Si no lo estuviera, también puede disponerse de ellas previa petición del usuario.

6.1 > Información recogida en las fichas

Una ficha técnica está dividida en 16 puntos que recogen los siguientes aspectos:

1. **Identificación de la compañía y del producto,** el teléfono de urgencias y el organismo oficial competente.
2. **Información sobre la composición.** Indica solo los componentes peligrosos y su concentración en el producto.

   Se incluyen en este apartado las frases R (información estándar que indica los riesgos específicos atribuidos a las sustancias y preparados peligrosos) y las frases S (información normalizada con los consejos relativos a las sustancias o preparados peligrosos).
3. **Identificación del riesgo.** Indica, clara y brevemente, los peligros que presenta el producto tanto para el ser humano como para el medio ambiente, distinguiendo entre productos peligrosos y no peligrosos.
4. **Medidas de primeros auxilios.** En primer lugar debe especificarse si se precisa asistencia médica inmediata. Seguidamente se informa sobre los primeros auxilios de forma breve y sencilla. Se describen los síntomas y efectos, y qué hacer en caso de accidente. Además debe quedar indicado si son previsibles efectos retardados tras la exposición.
5. **Medidas de lucha frente a incendios.** Se indican las medidas que se deben seguir en caso de incendio, incluyendo los medios adecuados y los que no deben emplearse, los peligros especiales de la exposición del producto a la combustión o a sus gases y el EPI del personal de lucha contra incendios.
6. **Medidas en caso de vertimiento accidental.** Contiene indicaciones tipo «no utilice…» o «neutralice con»… Incluye:
   - Precauciones personales, como supresión de los focos de ignición, ventilación, protección respiratoria, prevención del contacto con la piel y los ojos, etc.
   - Precauciones para la protección del medio ambiente, como alejamiento de desagües, eventual alerta al vecindario, etc.
   - Métodos de limpieza, con materiales absorbentes o reducción de los gases y humos.
7. **Manipulación y almacenamiento.** Se relaciona con la protección de la salud, la seguridad y el medio ambiente.

8. **Control de exposición o protección personal EPIs.** Recoge las medidas de protección y prevención que se deben emplear, especificándose las protecciones respiratorias, cutáneas, de las manos, de los ojos y del resto del cuerpo.
9. **Propiedades físicas y químicas.** Se proporciona la información sobre el producto para la adopción de medidas de control
10. **Estabilidad y reactividad.** Indica la estabilidad del producto y la posibilidad de que se den reacciones peligrosas bajo ciertas condiciones de uso o liberación al medio ambiente.
11. **Información toxicológica.** Debe contener una descripción completa y comprensible de los diferentes efectos tóxicos que se pueden producir cuando el usuario entra en contacto con el producto
12. **Información ecológica.** Detalla efectos, comportamiento y destino ambiental del producto en el aire, el agua o el suelo. Se describen las características del producto que más pueden afectar al medio ambiente por su naturaleza y sus previsibles formas de uso.
13. **Consideraciones para la disposición final.** Si la eliminación del producto representa un peligro, debe facilitarse una descripción de los residuos y de la forma de manipularlos sin riesgo. Se indicarán los métodos apropiados de eliminación del preparado y de los eventuales envases contaminados: incineración, reciclado, vertido controlado, etc.
14. **Información para el transporte.** Se indican las eventuales precauciones especiales que el usuario debe tomar para el transporte del producto dentro y fuera de las instalaciones.
15. **Información reglamentaria.** Incluye toda la información relativa a la salud, a la seguridad y al medio ambiente, citando las posibles disposiciones particulares.
16. **Otros parámetros.** Recoge cualquier otra información que el proveedor considere importante para la salud y la seguridad del usuario o para la protección del medio ambiente.

1.20. Productos utilizados en el mantenimiento de vehículos.

6.2 > Ejemplo de ficha de seguridad

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD			
1. Identificación de la compañía y el producto	1.1. Nombre comercial	3M(TM) Lubricante Air Tool	
	1.2. Números de identificación 3M	60-4401-2828-2, 60-4401-8026-7, 60-4401-8025-9	
	1.3. Usos recomendados del producto	Producto abrasivo	
2. Composición química	NOMBRE DE INGREDIENTE	NÚMERO CAS	PORCENTAJE
	Petróleo	Secreto co.	85-95
	Aceites lubricantes	Secreto co.	5-10
	Aditivo Sulfuro	Secreto co.	0,5-5
	Aditivo Cera	Secreto co.	1-3
3. Identificación del riesgo	3.1. Peligros críticos	No existen peligros críticos.	
4. Primeros auxilios	4.1. Instrucciones en caso de contacto con los ojos	Lavar los ojos con grandes cantidades de agua. Si los síntomas persisten, avisar a un médico.	
	4.2. Instrucciones en caso de contacto con la piel	Lavar la zona afectada con agua y jabón. Si aparecen síntomas, avisar a un médico.	
	4.3. Instrucciones en caso de inhalación	No se prevé la necesidad de primeros auxilios.	
	4.4. Instrucciones en caso de ingestión	No provocar el vómito a no ser que lo indique el personal médico. Dar dos vasos de agua al afectado. Nunca suministrar por vía oral a una persona inconsciente. Avisar a un médico.	
5. Medidas de lucha contra incendios	5.1. Métodos adecuados de extinción	Material combustible ordinario. Utilizar extintores con agente de extinción clase A (p. ej. agua, espuma...).	
	5.2. Métodos de lucha contra incendio	Llevar ropa de protección total (ropa tipo bunker) y equipo de respiración autónomo.	
	5.3. Instrucciones especiales contra incendios	No aplicable	
6. Medidas en caso de vertido accidental	6.1. Precauciones de protección personal	Observar precauciones de otras secciones.	
	6.2. Tratamiento de vertidos	Ventilar la zona con aire fresco. Contener derrame. Recoger el material derramado que sea posible. Recoger la disolución resultante que contiene al residuo. Colocar en un contenedor cerrado.	
7. Manipulación y almacenamiento	7.1. Requerimientos de almacenaje	Almacenar en sitio fresco.	
	7.2. Materiales incompatibles	Almacenar lejos de fuentes de calor. Almacenar separado de ácidos. Almacenar alejado de agentes oxidantes.	
	7.3. Ventilación	Mantener el envase en zona bien ventilada.	

	7.4. Prevención de incendios	
	7.5. Instrucciones de empleo	Solo para uso industrial o profesional. Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel. No comer, beber o fumar cuando se use este producto. Lavar completamente las zonas expuestas con agua y jabón. Evitar el contacto con agentes oxidantes.
8. Controles de exposición y protección personal	8.1. Protección ocular	Evitar el contacto con los ojos. Para minimizar el riesgo de lesiones en los ojos y la cara, llevar siempre protección en ellos cuando se realicen o se esté cerca de operaciones de lijado o pulido.
	8.2. Protección de las manos	
	8.3. Protección cutánea	Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel. Normalmente no se requieren guantes.
	8.4. Protección respiratoria	En condiciones normales, no se prevé que las exposiciones a partículas contaminantes en el aire sean suficientemente significativas para necesitar protección respiratoria.
	8.5. Ingestión	No comer, beber o fumar cuando se use este producto.
	8.6. Ventilación recomendada	Utilizar en una zona bien ventilada.
9. Propiedades físicas y químicas	9.1. Forma física, color, olor	Líquido. Ligero olor a petróleo. Líquido de color transparente a ámbar
	9.2. pH	-
	9.3. Punto intervalo/ebullición	EXACT. 230 ºC
	9.4. Punto intervalo/fusión	N/A
	9.5. Punto de inflamación	EXACT. 138 ºC PMCC
	9.6. Inflamabilidad (sólido, gas)	
	9.7. Límites de inflamabilidad-LEL	-
	9.8. Límites de inflamabilidad-UEL	-
	9.9. Autoinflamabilidad	-
	9.10. Propiedades oxidantes	
	9.11. Presión de vapor	-
	9.12. Solubilidad en agua	NULO
	9.13. Peso específico	EXACT. 0.88 a 20ºC
	9.14. Densidad de vapor	-
	9.15. Compuestos orgánicos volátiles	
	9.16. Viscosidad	EXACT. 10 DETALLES:10 wt
10. Estabilidad y reactividad	10.1 Materiales a evitar	Agentes oxidantes fuertes. Agentes reductores. Ácidos fuertes. Chispas y/o llamas.

	10.2. Productos de descomposición peligrosos	Monóxido de carbono durante la combustión. Dióxido de carbono durante la combustión. No se esperan productos de descomposición peligrosos si se siguen las recomendaciones de uso. Los productos de descomposición peligrosos pueden aparecer como resultado de una oxidación, calentamiento o reacción con otro material.
	10.3. Estabilidad y reactividad	No se producirá polimerización peligrosa. Estable.
11. Información toxicológica	11.1. Efectos por contacto ocular	Irritación leve en los ojos: los indicios o síntomas pueden incluir enrojecimiento, dolor y lagrimeo.
	11.2. Efectos por contacto cutáneo	La exposición prolongada y repetida puede provocar irritación leve de la piel. Los indicios o síntomas pueden incluir enrojecimiento localizado, hinchazón y picazón.
	11.3. Efectos por ingestión	Irritación gastrointestinal; los síntomas pueden incluir dolor abdominal, estomacal, náuseas, vómitos y diarrea.
	11.4. Otra información toxicológica	Este producto puede tener un olor característico; en cualquier caso no se esperan efectos adversos para la salud.
12. Información ecológica	12.1. Datos de ecotoxicidad	No determinado
13. Consideraciones sobre la eliminación	13.1. Producto en forma original	Incinerar en instalaciones industriales o comerciales en presencia de material combustible. Como alternativa para la eliminación, llevar el producto a una instalación que acepte residuos químicos.
	13.2. Producto en fase de utilización	Puesto que la legislación sobre desechos varía de unos lugares a otros, consultar la legislación local y autonómica aplicable.
	13.3. Producto después de usado	Puesto que la legislación sobre desechos varía de unos lugares a otros, consultar la legislación local y autonómica aplicable.
	13.4. Envases y embalajes	Puesto que la legislación sobre desechos varía de unos lugares a otros, consultar la legislación local y autonómica aplicable.
14. Información relativa al transporte	14.1. Número UN	Ver la información de transporte adjunta al final de la ficha de datos de seguridad.
15. Información reglamentaria. Recomendaciones de etiquetado	15.1. Nombre comercial	3M(TM) Lubricante Air Tool.
	15.2. Frases de riesgo en la etiqueta	El producto no está clasificado como peligroso según la Directiva 1999/45/CE.
	15.3. Componentes en la etiqueta	No contiene ingredientes en la etiqueta.
	15.4. Observaciones en la etiqueta	Etiqueta industrial. Nota L aplicable a los Nos. CAS 72623-86-0 y 64742-65-0.
	15.5. Información de reglamentación especial	Para mayor información póngase en contacto con 3M.
16. Otras informaciones	16.1. Motivo de la revisión	Actualización de la información de la ficha, cambios en propiedades físico-químicas y añadidas nuevas referencias de productos 3M

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Explica qué se entiende por un riesgo laboral.

2·· ¿Qué es la prevención de riesgos?

3·· ¿Qué objetivos pretende conseguir la Ley de Prevención de Riesgos Laborales?

4·· Indica qué causas pueden provocar el riesgo de «proyección de partículas o líquidos en los ojos».

5·· Anota las medidas de protección colectiva que se deben emplear en los talleres de electromecánica.

6·· ¿Qué es un equipo de protección personal o EPI?

7·· ¿Qué es la marca CE de una máquina o herramienta?

8·· Anota cómo son las señales de prohibición empleadas en la señalización de talleres.

9·· Explica qué es una ficha de seguridad de un producto peligroso.

10·· Anota los residuos peligrosos que se generan en los talleres de electromecánica y cómo se realiza su almacenaje y retirada del taller.

.: APLICACIÓN :.

1·· Anota las medidas de protección colectiva de que disponga tu taller de electromecánica.

2·· Anota los equipos de protección personal o EPI que se encuentran disponibles en tu taller de electromecánica.

3·· Busca en la placa de un elevador si dispone de la marca CE y anota también las recomendaciones en materia de seguridad que indica la placa.

4·· Dibuja todas las señales de prohibición que se encuentren en tu taller de electromecánica.

5·· Dibuja todas las señales de peligro y advertencia que se encuentren en tu taller de electromecánica.

6·· Dibuja todas las señales de obligación que se encuentren en tu taller de electromecánica.

7·· Dibuja todas las señales contra incendios de que disponga tu taller de electromecánica.

8·· Dibuja todas las señales de información y salvamento que haya en tu taller de electromecánica.

9·· Anota los contenedores de residuos peligrosos que posea tu taller de electromecánica.

10·· Indica las medidas para la extracción de gases de que dispone tu taller de electromecánica.

Caso final

Identificación de riesgos en instalaciones generales de un taller de reparación de vehículos

•• En un taller de reparación de vehículos queremos realizar un estudio de seguridad identificando los posibles riesgos de accidente de los trabajadores, con el fin de establecer unas medidas preventivas adecuadas.

Solución •• Por su importancia consideraremos como instalaciones generales las siguientes:

- Prevención de incendios
- Instalación eléctrica
- Generación y distribución de aire comprimido.

Prevención de incendios

Las medidas de detección son aquellas cuyo objetivo está dirigido a evitar que se origine fuego. Las medidas de extinción son aquellas cuyo objetivo está dirigido a extinguir (apagar) el fuego cuando se ha originado.

Es importante el uso de una correcta **protección pasiva,** es decir, realizar una adecuada distribución de espacios y productos químicos inflamables (aceites, disolventes, líquidos, etc.) para conseguir que el fuego iniciado en uno de ellos quede localizado y se retarde su propagación a los sectores anexos.

La instalación eléctrica cumplirá las disposiciones técnicas recogidas para locales Clase I sobre gases y vapores inflamables, referidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de agosto de 2002.

En orden a la generación de focos de incendios, es necesario evitar operaciones de soldadura, rebarbado, etc. en zonas donde se manipulen productos inflamables. Se aplicarán las disposiciones establecidas en RD 485/1997, estando correctamente señalizadas, evitando así la acumulación de residuos y trapos usados, extendiendo estas medidas a otros productos como los carburantes y prestando especial atención al intervenir en el depósito de algún vehículo.

En lo que a medios de extinción se refiere, deberá disponerse de extintores portátiles con grado de eficacia 21 A 113 B y en la proporción de dos por cada 400 m^2. Deben estar accesibles, sin obstaculización alguna y con señalización normalizada según RD 485/1997.

Las bocas de incendio deberán estar dispuestas cuando la superficie útil sea superior a 200 m^2 y tendrán una presión mínima en boquilla de 3,5 kg/cm^2.

Las vías de evacuación y de acceso exterior, así como las salidas de emergencia, deben estar permanentemente libres de obstáculos, en particular de vehículos, y correctamente señalizadas para poder facilitar una rápida evacuación de los trabajadores en caso de emergencia. Los locales con una superficie mayor de 600 m^2 dispondrán de un paso de peatones independiente del paso de vehículos.

Instalación eléctrica

El RD 842/2002 de 2 de agosto 2002 aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y según se contempla en su ITC 29 vienen especificadas las reglas esenciales para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en las que existe riesgo de explosión o de incendio.

Los talleres destinados a la reparación de vehículos son emplazamientos clasificados como Clase I, que son aquellos en los que no puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente como para producir atmósferas explosivas o inflamables.

Los interruptores diferenciales deben tener una sensibilidad de 30 y 300 mA, combinados en red general de toma de tierra (incluye también la red equipotencial de la estructura del emplazamiento o local).

Los cuadros eléctricos deberán permanecer libres de obstáculos para facilitar el acceso, la maquinaria portátil contará con el sistema de protección de doble aislamiento y la maquinaria fija contará con dispositivos de paro de emergencia.

Generación y distribución de aire comprimido

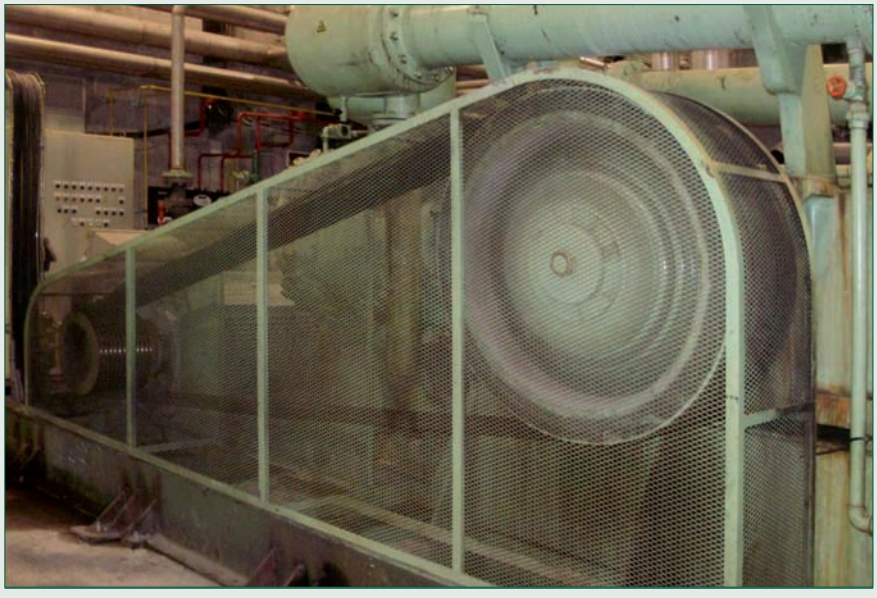
La instalación de aire comprimido, tanto en esta como en otras actividades, comprende básicamente el equipo de compresión, con depósito o calderón de almacenamiento o sin él, y las conducciones por las que circulará dicho fluido desde el depósito hasta los puntos de utilización.

Se tendrán en cuenta en estas instalaciones los siguientes bloques:

- Características del tipo de compresor
- Consideraciones respecto al equipo de compresión
- Mantenimiento del equipo de presión y de las condiciones de distribución
- Inspecciones y pruebas periódicas

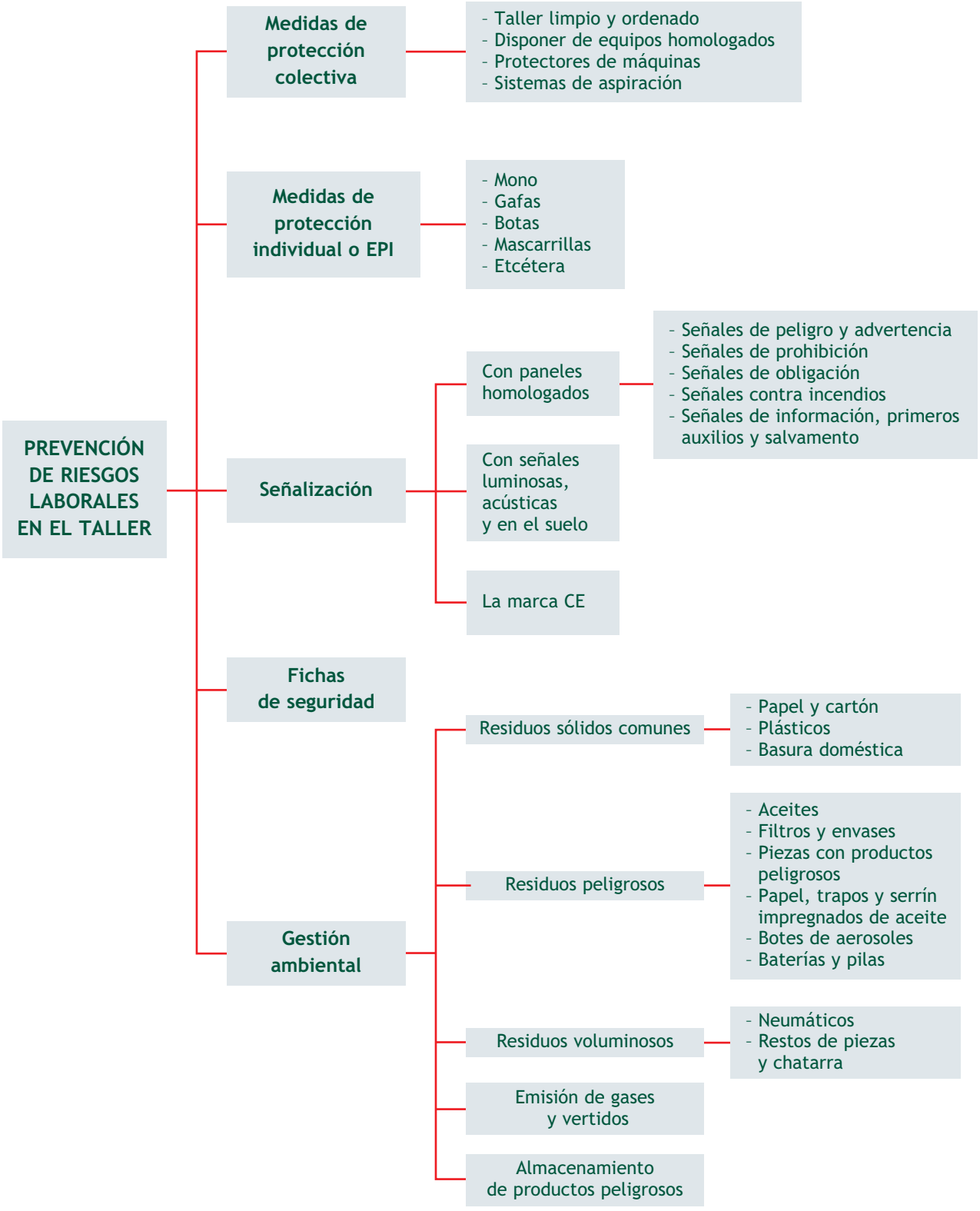
Las medidas preventivas a tomar son las siguientes:

- Siempre que sea posible, los compresores se situarán en el exterior del centro de trabajo o, en su defecto, en un recinto aislado dentro de los mismos.
- Los órganos de transmisión de los compresores deben de estar protegidos por resguardos fijos que eviten el posible atrapamiento de los trabajadores.
- Deben realizarse mantenimientos periódicos del compresor y la instalación de aire comprimido, revisando los manómetros, válvulas de seguridad, filtros, tuberías conductoras, vasos de filtrado, purgadores, termostatos y reguladores.
- Se deben realizar limpiezas periódicas del cuarto donde se halle instalado el compresor.



1.21. Protección de órganos de transmisión de un compresor.

Ideas clave


PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL TALLER
Medidas de protección colectiva
- Taller limpio y ordenado
- Disponer de equipos homologados
- Protectores de máquinas
- Sistemas de aspiración
Medidas de protección individual o EPI
- Mono
- Gafas
- Botas
- Mascarrillas
- Etcétera
Señalización
Con paneles homologados
- Señales de peligro y advertencia
- Señales de prohibición
- Señales de obligación
- Señales contra incendios
- Señales de información, primeros auxilios y salvamento
Con señales luminosas, acústicas y en el suelo
La marca CE
Fichas de seguridad
Gestión ambiental
Residuos sólidos comunes
- Papel y cartón
- Plásticos
- Basura doméstica
Residuos peligrosos
- Aceites
- Filtros y envases
- Piezas con productos peligrosos
- Papel, trapos y serrín impregnados de aceite
- Botes de aerosoles
- Baterías y pilas
Residuos voluminosos
- Neumáticos
- Restos de piezas y chatarra
Emisión de gases y vertidos
Almacenamiento de productos peligrosos

LOS TALLERES DE REPARACIÓN DE VEHÍCULOS

Se puede decir que el sector del automóvil es, a nivel mundial, una de las ramas de actividad laboral que emplea mayor número de trabajadores, directamente en la fabricación en grandes empresas como IVECO, SEAT, RENAULT, OPEL, CITROËN, PEUGEOT, FORD, SUZUKI, NISSAN o VW, o indirectamente industrias secundarias que proveen a los fabricantes de componentes en primeros equipos como VALEO, BOSCH, NAGARES, MICHELIN, etc.

Los trabajos de mantenimiento y reparación realizados en los talleres también emplean a gran cantidad de trabajadores, distribuidos por toda la geografía nacional en pequeñas y medianas empresas, concesionarios, talleres autorizados, talleres libres etc.

La actividad de los talleres de reparación de automóviles está regulada en el RD 1457/1986, que define estos talleres como aquellos establecimientos industriales en los que se efectúan operaciones encaminadas a la restitución de las condiciones normales del estado y funcionamiento de vehículos automóviles o de equipos o componentes de los mismos.

Suelen ser talleres de dimensiones reducidas y con plantillas poco numerosas. Dependiendo de su rama o actividad, se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- De mecánica, donde se realizan trabajos de reparación en el sistema mecánico del vehículo.
- De electricidad, donde se realizan trabajos de reparación o sustitución del equipo eléctrico.
- De carrocería, donde se realizan trabajos de reparación o sustitución de elementos de carrocería no portantes, guarnicionería y acondicionamiento interior y exterior de los mismos.
- De pintura, donde se realizan trabajos de pintura, revestimiento y acabado de carrocerías.

En los talleres de reparación se emplean muchos productos químicos, como aceites, líquidos inflamables, etc., y se trabaja con elevadores en fosos y con circuitos de alta presión y temperaturas. Todo ello obliga al empresario y al trabajador a conocer los riegos laborales que se pueden producir en dichos centros de trabajo y a disponer de un plan de riesgos laborales y de tratamiento de los residuos actualizados.

En el plan de riesgos laborales del taller es importante primar la colocación de equipos de protección colectiva, aspiradores de gases, planos de aspiración, barandillas y suelos antideslizantes, además de incidir de manera importante en el orden y limpieza.

Francisco Iniesta De la Cruz
Técnico en Riesgos Laborales

unidad 2

Sistemas de unión y guiado

SUMARIO

- Unión y sujeción de mecanismos
- Sistemas de guiado y apoyo: rodamientos, casquillos de fricción y rótulas
- Sistemas de estanqueidad
- Uniones elásticas y eléctricas

OBJETIVOS

- Conocer los distintos sistemas de unión de los mecanismos que intervienen en los vehículos.
- Estudiar las uniones de los mecanismos para el montaje y desmontaje.
- Realizar prácticas de montaje y desmontaje de mecanismos por sus sistemas de unión.

1 >> Unión de mecanismos

Los vehículos están fabricados con miles de piezas que se unen para formar conjuntos mecánicos. Al unir varios de estos conjuntos se forma un coche, una motocicleta o un camión.

Los métodos de unión de las piezas y los mecanismos dependen de la misión que realicen estos elementos en el conjunto, del esfuerzo que deba soportar, de la temperatura a la que se encuentre sometida y del trabajo que debe realizar.

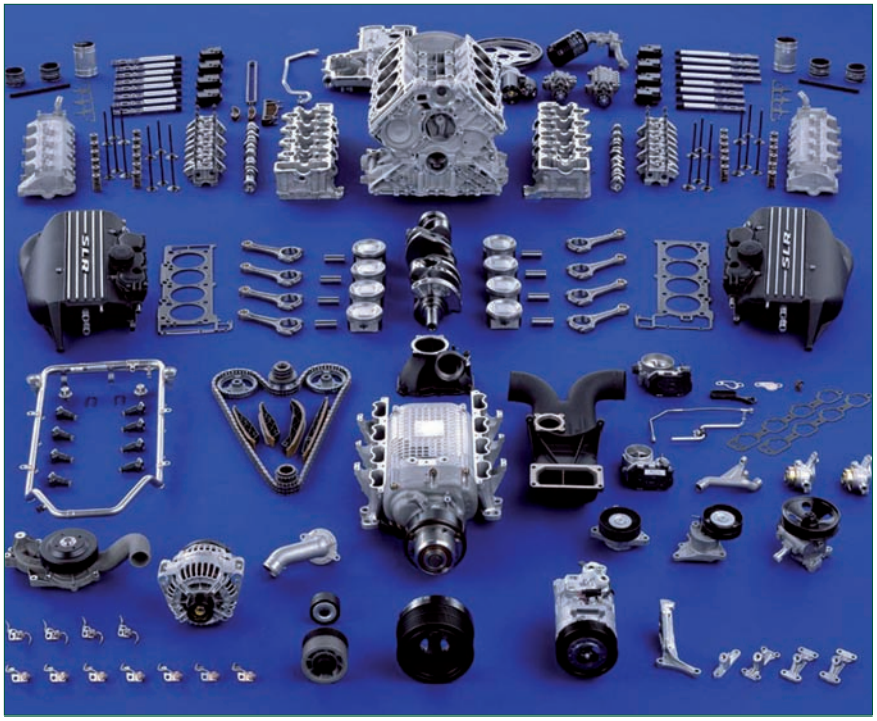
Los **elementos de unión y sujeción** que existen en la actualidad son muy diversos: tornillos, tuercas, chavetas, etc. También existen **sistemas de guiado y apoyo**, como rodamientos, rótulas, etc. Estos permiten realizar los distintos movimientos a los mecanismos: lineales, giratorios, etc.

Todos ellos cumplen la misión de unir de una manera eficaz los mecanismos de forma que realicen la función para lo que se han diseñado.

Estos elementos o sistemas de unión deben estar diseñados para aguantar las solicitaciones exigidas en cualquier condición ambiental y de trabajo. Por ejemplo, un rodamiento debe garantizar dar un número elevado de vueltas sin que este se gripe.

Además de los elementos de unión y sistemas de guiado, también hay otros sistemas de unión que permiten el funcionamiento de los mecanismos en los vehículos. Por ejemplo, los sistemas de estanqueidad, los sistemas de unión elásticos, eléctricos, etc.

A lo largo de la unidad didáctica se desarrollarán los sistemas de unión utilizados en los mecanismos de los vehículos.



2.1. Despiece de los elementos de un motor.

Uniones amovibles o desmontables

Son uniones entre elementos o mecanismos que permiten su montaje y desmontaje sin ser dañados. El sistema de unión más utilizado es la unión tuerca-tornillo.

2 >> Sistemas de unión y sujeción

En los vehículos existen numerosas uniones, por ejemplo, un amortiguador se une a la carrocería y al brazo de suspensión a través de una unión elástica denominada *silentblock*.

Los sistemas de unión pueden ser rígidos o móviles.

> **Los sistemas de unión rígidos son sistemas que permiten unir sólidamente los distintos elementos o mecanismos de manera que constituyan una sola pieza.**

Las uniones rígidas pueden ser permanentes o desmontables.

– **Permanentes.** Para separar la unión es necesario romper esta o el elemento de unión. Por ejemplo, el remachado por estampado utilizado en las carrocerías de aluminio es un tipo de unión rígida permanente.
– **Desmontables.** Permiten su montaje y desmontaje tantas veces como sea necesario. Este tipo de unión es la más común para unir los elementos mecánicos y se realiza mediante tornillos, espárragos, pasadores, etc.

> **Los sistemas de unión móviles son aquellos que permiten que el mecanismo pueda desplazarse a través de su unión.**

Por ejemplo, una unión móvil es la rótula que permite que el mecanismo al que está unido se mueva en planos diferentes.

Los elementos de unión y sujeción permiten que el mecanismo funcione en condiciones óptimas asegurando su unión y, en ocasiones, permitiendo su movimiento.

Por ejemplo, un circlip de sujeción puede permitir que un eje gire sin que se salga de su alojamiento.

2.1 > Tornillos, espárragos y pernos

> **Las uniones atornilladas mediante tornillos, espárragos y pernos son las más utilizadas para la unión de los mecanismos y de sus componentes. Estos elementos garantizan una unión resistente permitiendo un fácil montaje y desmontaje. Las uniones atornilladas permiten sujetar o unir piezas a través del roscado.**

La unión se puede realizar con un perno y una tuerca, con un tornillo y un orificio roscado y con una varilla roscada o espárrago y una tuerca.

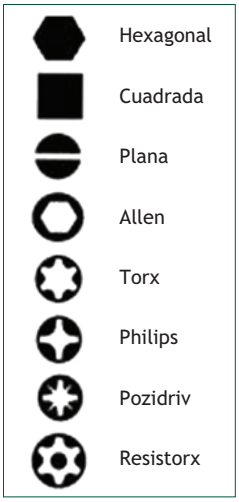
Los tornillos, espárragos y pernos llevan mecanizada una rosca en forma de hélice construida de una manera continua y uniforme sobre un cilindro (interior o exterior) y con un determinado perfil (triangular, cuadrado, redondo, etc.).

Las roscas tienen básicamente dos aplicaciones:

– Sirven de unión a elementos desmontables.
– Sirven para transformar el movimiento de rotación en un movimiento rectilíneo.

Cabezas de tornillo

La forma de las cabezas de tornillo varía en función de muchas variables. A continuación se muestran las cabezas de tornillo más comunes:



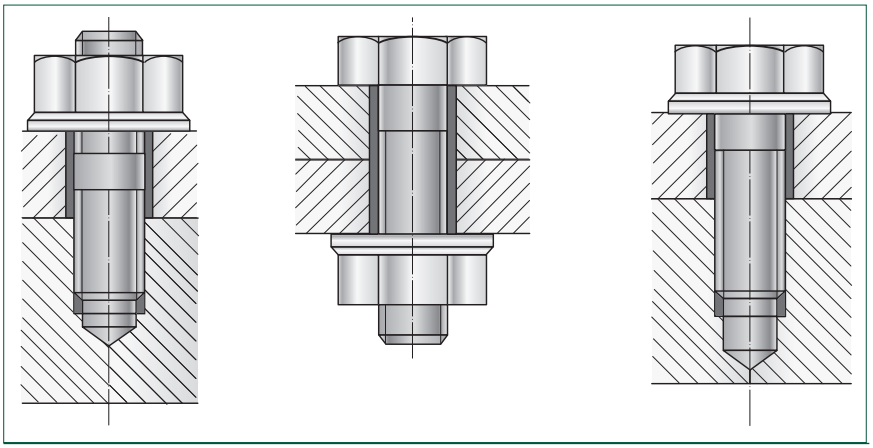
Par de apriete

Los tornillos y tuercas se aprietan a un par de apriete para poder fijar los mecanismos correctamente. El par de apriete es la fuerza recomendada para el apriete de una tuerca o tornillo.

Es el resultado de una fuerza (daN) por una distancia en metros (m). El útil para realizar aprietes de tornillos es la llave dinamométrica.

El cálculo del par de apriete influye en:

- La resistencia del material del tornillo.
- El rozamiento de la cabeza del tornillo y arandela.
- El rozamiento de la rosca.



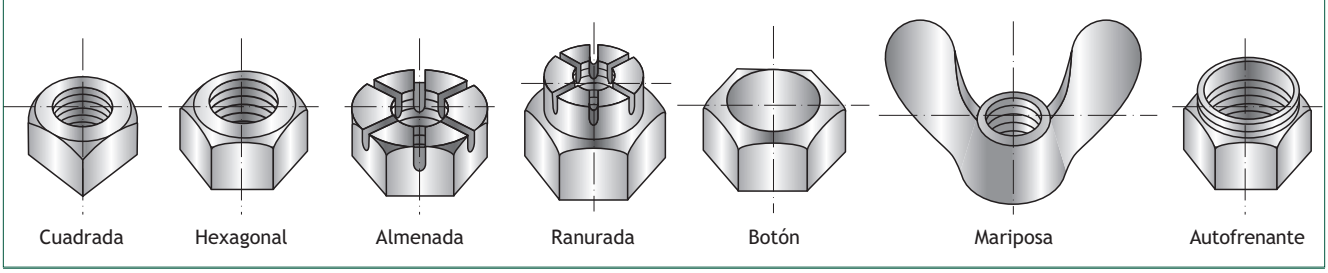
2.2. Espárrago, tornillo y perno.

2.3. Montaje del tornillo de una rueda.

2.2 > Tuercas

Las tuercas permiten la sujeción de pernos y espárragos por medio de una pieza roscada en su interior. En la parte exterior llevan mecanizado un sistema que garantiza su giro.

La tuerca siempre debe ser del mismo sistema de roscas que el tornillo, de manera que un perno con una rosca de métrica de 6×100 roscará con una tuerca cuyo paso sea métrica 6×100.



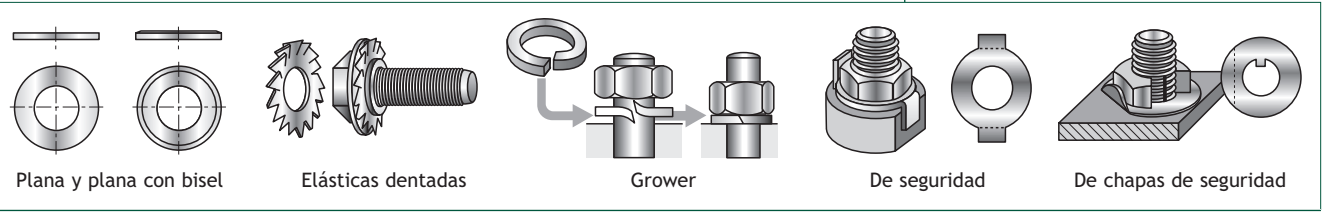
2.4. Tipos de tuercas.

2.3 > Arandelas

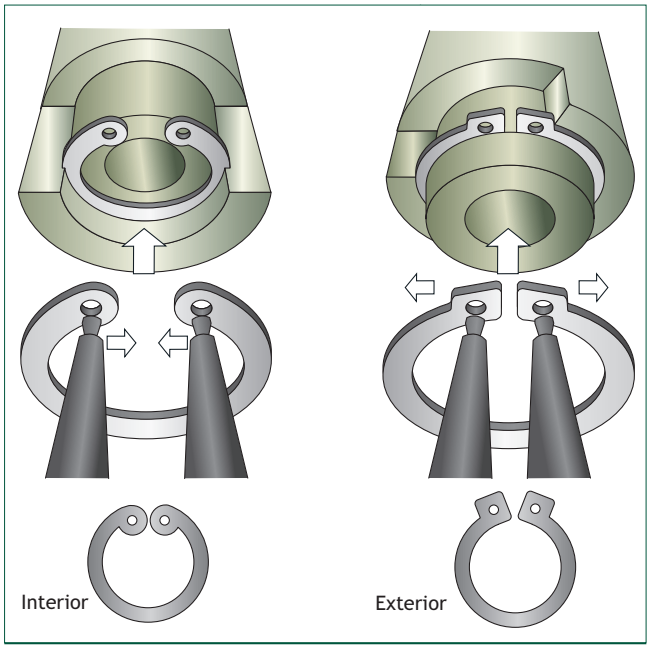
Las arandelas reparten esfuerzos de presión y garantizan un buen apoyo entre las tuercas, tornillos y las piezas a unir. Además protegen las superficies de contacto e impiden que las tuercas se aflojen.

En fluidos, las arandelas se utilizan para sellar herméticamente la unión. Para ello se utilizan materiales como el cobre o el aluminio.

2.5. Arandela de estanqueidad.



2.6. Tipos de arandelas.



2.7. Montaje de circlips.

2.4 > Circlips o anillos seeger

Los circlips o anillos seeger son anillos elásticos fabricados en acero que se montan en hendiduras practicadas tanto en ejes como en sus soportes y permiten limitar el movimiento longitudinal de los ejes.

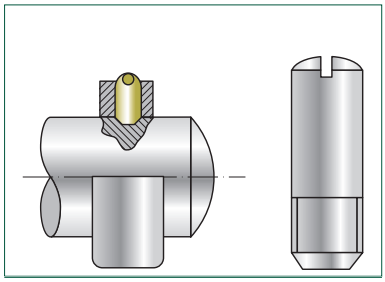
El montaje y desmontaje de estos anillos se realiza con alicates de puntas tanto para abertura como para cierre o, en su defecto, con un destornillador fino.

Otro elemento destinado a estos efectos son los anillos o arandelas de retención. Los anillos de retención son anillos elásticos abiertos por un extremo y cuya forma permite fijar los ejes limitando el movimiento longitudinal de estos.

2.5 > Tornillos prisioneros

Los tornillos prisioneros son elementos de posicionamiento y bloqueo que permiten sujetar y fijar los mecanismos.

Los tornillos prisioneros tienen forma cilíndrica sin cabeza y llevan mecanizada una rosca. El montaje se realiza gracias a un tallado con la forma de la cabeza de un tornillo, generalmente allen, torx o philips.



2.8. Tornillo prisionero.

2.6 > Pasadores

Los pasadores se utilizan para la fijación y bloqueo de ejes en sus esfuerzos longitudinales y como eje para la sujeción en uniones.

Los pasadores se fabrican en acero y pueden ser de distintos tipos: cilíndricos, cónicos, elásticos, de aletas, de horquilla, etc.

Son muy utilizados en el bloqueo de tuercas almenadas y ranuradas, impidiendo que se aflojen debido al movimiento y a las vibraciones. Por ejemplo, los pasadores de aletas se utilizan para el bloqueo de las tuercas de las barras de dirección y rótulas de los camiones.

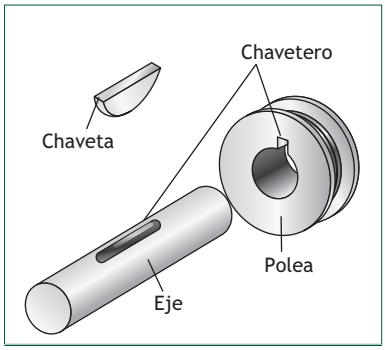
2.9. Montaje del pasador fijando una tuerca almenada.

2.10. Pasador ranurado y pasador de aletas.

2.7 > Chavetas

La chaveta es un prisma de acero con forma de media luna o con forma de cuña que se aloja a presión dentro de un chavetero que bloquea dos piezas: eje y polea o piñón.

Las chavetas permiten hacer solidarios los piñones y las poleas en su unión con el eje de giro. Impiden que giren sobre el eje, por lo que deben ser rígidos ya que soportan los esfuerzos de par que transmite el mecanismo.



2.11. Chavetas y chavetero.

2.8 > Abrazaderas o bridas

Las abrazaderas o bridas son láminas de acero o plástico que se cierran formando un anillo de diferentes tamaños en función de las características de la pieza y del apriete deseado.

Las abrazaderas permiten su montaje y desmontaje a través de diferentes sistemas de accionamiento, generalmente tornillo-tuerca. Las abrazaderas y bridas sirven como unión y fijación de manguitos de goma o plástico, tubos, etc.

2.12. Abrazaderas.

2.13. Montaje de una abrazadera elástica.

Casos prácticos

Cambio de manguito

•• Cambia un manguito de un radiador fijado con abrazaderas.

Solución •• Los pasos a seguir para hacer el cambio de forma correcta son:

1. Recoge el líquido refrigerante en un recipiente adecuado, abriendo el tapón inferior del radiador o bloque motor.
2. Afloja los tornillos de las abrazaderas que fijan el manguito empleando un destornillador.
3. Suelta el manguito del radiador.
4. Sustituye el manguito roto por uno nuevo.
5. Coloca las abrazaderas y apriétalas con el destornillador.
6. Rellena el líquido refrigerante y purga el circuito.

Actividades propuestas

1•• Desmonta y sustituye los manguitos del circuito de aspiración y del filtro de aceite.

2•• Sustituye las canalizaciones de alimentación de combustible que tengan abrazaderas.

2.14. Rodamientos.

3 >> Sistemas de guiado y apoyo

Los sistemas de guiado y apoyo permiten el movimiento del mecanismo que sujetan.

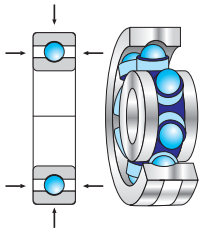
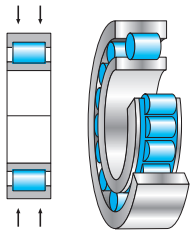
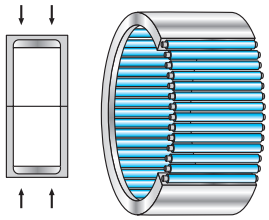
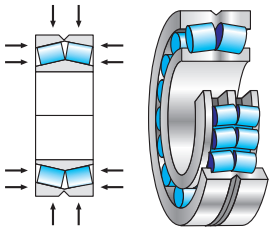
Estos sistemas de unión son muy diversos. Por ejemplo, para el guiado y apoyo de ejes se utilizan casquillos y rodamientos, para el guiado de la mangueta de la suspensión se utilizan rótulas.

3.1 > Rodamientos

Los rodamientos permiten el guiado y apoyo de ejes reduciendo el rozamiento y el desgaste. Están formados por dos pistas, una interior y otra exterior separadas por una jaula que aloja los elementos de rodadura: bolas, rodillos, cilindros, agujas o rodillos cónicos.

Los rodamientos necesitan lubricación para funcionar correctamente. Existen rodamientos sellados con lubricación interior propia y rodamientos sin sellar que usan el lubricante del conjunto donde están montados.

Características de los rodamientos

Tipos	Ventajas	Inconvenientes	Esfuerzo
Rodamientos de bolas de una o dos hileras	Soportan altas velocidades de giro y cargas medias radiales.	Soportan cargas axiales muy pequeñas.	
Rodamientos de rodillos cilíndricos	Soportan grandes cargas radiales.	No permiten cargas axiales.	
Rodamientos de agujas	Se pueden montar con poca diferencia de diámetros entre ejes, los cuales pueden hacer de pista. Soportan grandes cargas radiales.	No permiten cargas axiales.	
Rodamientos de rodillos cónicos	Soportan grandes cargas axiales y radiales.	Necesitan un reglaje de precarga en el montaje.	

Designación de un rodamiento

Los rodamientos se designan por sus dimensiones, capacidad de carga y revoluciones por minuto. Su designación viene dada por un número que hace referencia a estos parámetros:

– Las dimensiones de referencia de los rodamientos se miden en milímetros y son el diámetro exterior, el diámetro interior y la anchura o grosor.
– La capacidad de carga nos indica la máxima carga que soporta el rodamiento. Esta capacidad puede ser estática para el rodamiento en reposo y dinámica calculada en movimiento y tomando como referencia el giro de un millón de vueltas del mismo.
– Las revoluciones por minuto dependen de la lubricación. Se denomina por series y por letras. Por ejemplo, un rodamiento en el que se indique la letra Z informará de que es de alta velocidad.

2.15. Medición de un rodamiento.

Verificación de los rodamientos

La duración de un rodamiento depende básicamente de la lubricación y de las buenas condiciones de trabajo. Estas dos condiciones evitan los calentamientos excesivos y los golpes. Las principales averías de estos elementos están provocadas por ralladuras, oxidación y falta de lubricación. Cuando se deteriora un rodamiento se debe sustituir por otro de iguales características para garantizar el correcto funcionamiento del mecanismo.

Para el montaje se utilizarán las herramientas apropiadas a cada tipo de rodamiento. No es aconsejable utilizar herramientas de percusión, recomendando el uso de extractores y prensas.

Los rodamientos de rodillos cónicos no vienen reglados de fábrica. Están formados por tres piezas que hay que ajustar durante el montaje. Este ajuste, denominado precarga, se realiza siguiendo las indicaciones del fabricante del conjunto donde se encuentren montados.

3.2 > Casquillos de fricción

Los casquillos son elementos cilíndricos que permiten el apoyo y el giro del eje que soportan. Están siempre en contacto con el eje, por lo que existe un alto rozamiento y desgaste. Pueden ser radiales, axiales o mixtos y se fabrican en una sola pieza o pueden ir partidos en dos semicasquillos.

Los casquillos se fabrican con materiales blandos antifricción, lo que garantiza que el desgaste sea menor y que el eje no se deteriore con el uso.

Práctica 1

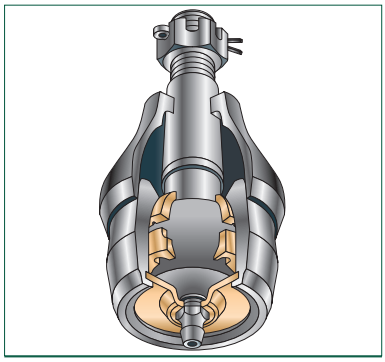
Lubricación de casquillos

Existen casquillos que deben ser lubricados para su correcto funcionamiento. El engrase de estos se puede realizar con grasa o con aceite a presión. Estos últimos llevan mecanizadas unas ranuras para facilitar la lubricación.

2.16. Casquillo de aluminio.

Extractores de rótulas

Para el desmontaje de las rótulas de un asiento cónico se utilizan extractores de rótulas. Estos extractores facilitan el desmontaje gracias a la presión que realiza la palanca formada entre la rótula y el tornillo de presión.



2.17. Rótula de unión.

Rótula, articulación de mecanismos

Una rótula es similar a una articulación de los huesos del hombro en el ser humano. Esta articulación permite que se puedan realizar movimientos de subida, bajada, que se puedan torcer, girar, etc.

2.19. Rótula de acompañamiento.

3.3 > Rótulas

Las rótulas son elementos de sujeción y unión que permiten girar sobre su eje.

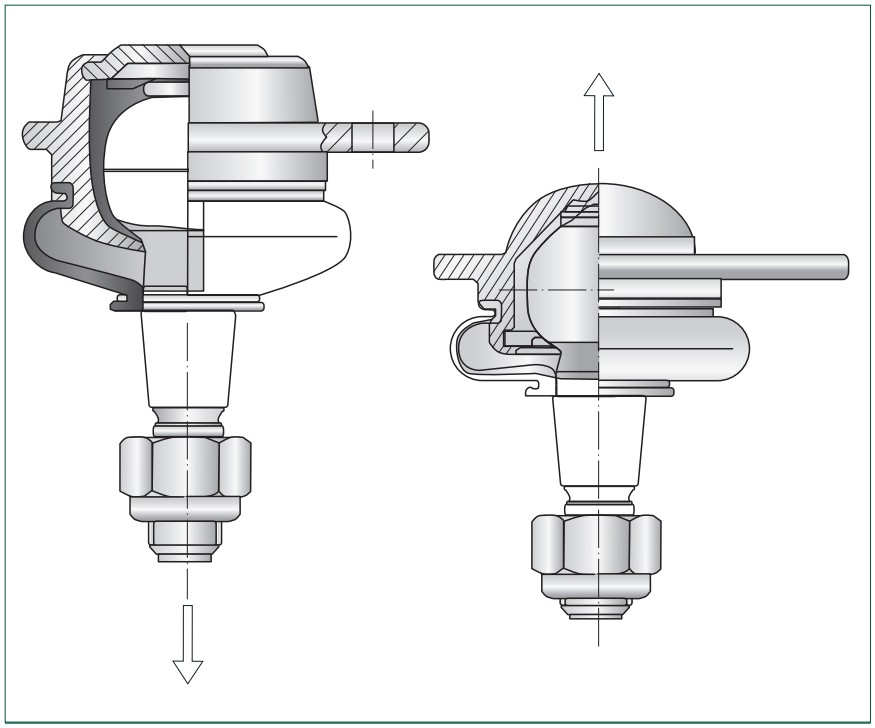
Las rótulas están formadas por un perno en cuyo extremo va mecanizado un muñón que va encerrado en una carcasa.

Tipos de rótulas

Las rótulas pueden soportar o no carga. En función de este parámetro las rótulas pueden ser:

Rótulas para soporte de carga

– **Rótulas de tensión.** El peso tira hacia el exterior del vástago de la rótula. Si la rótula se deteriora demasiado se corre el riesgo de que se salga el perno de su carcasa, por lo que su mantenimiento será muy exhaustivo.
– **Rótulas de compresión.** El peso presiona el vástago del perno hacia el interior, es decir, la rótula soporta toda la carga.



2.18. Rótula de tensión y rótula de compresión.

Rótulas de acompañamiento

Este tipo de rótulas no soportan carga. Su función es servir como soporte y sujeción de los distintos mecanismos. Estas rótulas incorporan entre la tapa de cierre y el perno de sujeción un muelle que permite mantener el ajuste entre los distintos componentes.

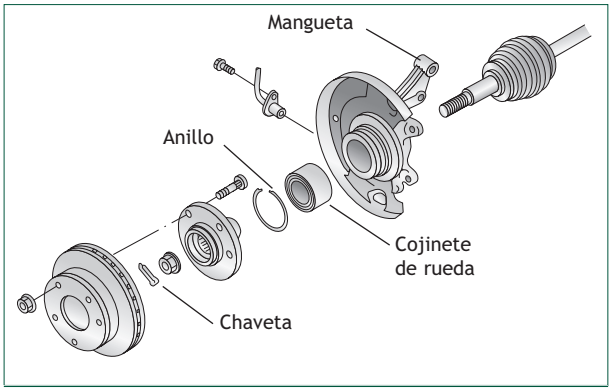
Las rótulas de acompañamiento se utilizan en uniones como la sujeción de la bieleta de la dirección con la mangueta y la sujeción de la barra estabilizadora con la suspensión y el chasis.

Casos prácticos

Sustitución del rodamiento de la mangueta

•• Tras una prueba dinámica en carretera en la que se observó un ruido de rodaje al girar en las curvas se ha descubierto una avería. En parado y tras balancear la rueda derecha, se observa holgura en el rodamiento.

Sustituye el rodamiento de la mangueta.

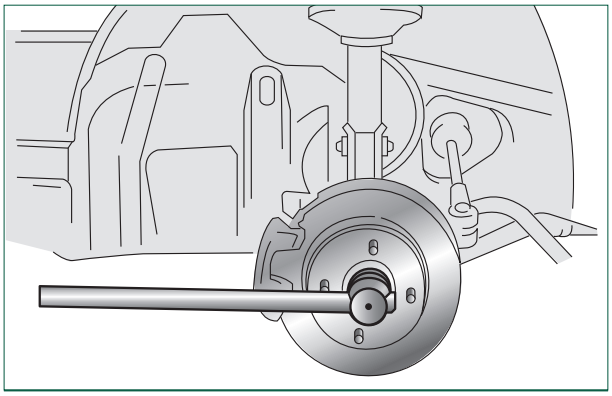


2.20. Despiece de la mangueta del lado derecho.

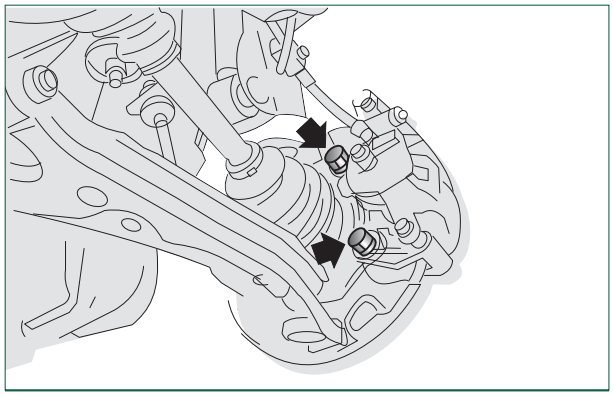
2.21. Balanceo de rueda.

Solución •• Este trabajo es una operación muy común en el taller de mecánica. Consiste en sustituir el rodamiento de la mangueta. La operación de sustitución y reparación se realiza de la siguiente manera:

- Se desmonta la rueda derecha dejando al descubierto todo el conjunto de la transmisión.
- Se afloja y se extrae la contratuerca del cojinete de rueda (figura 2.22).
- Se desmonta la pinza de freno y el rotor (figura 2.23). El latiguillo no necesita desconectarse de la pinza de freno. En este caso, se debe suspender la pinza con un alambre de manera que no se estire el latiguillo y que no quede torcido. Se debe tener cuidado de no pisar el pedal del freno o se saldrá el pistón.



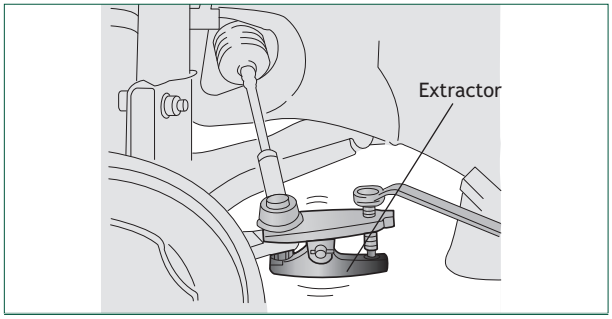
2.22. Aflojando la tuerca.



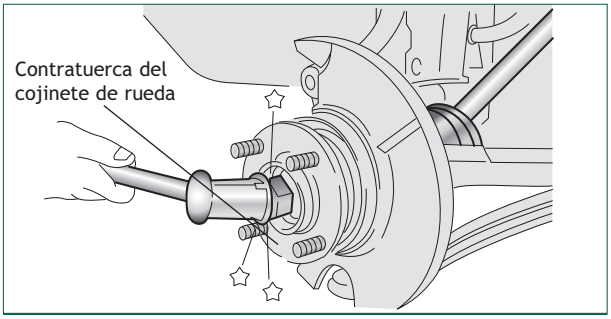
2.23. Tornillos de fijación de la pinza.

- Se separa la barra de acoplamiento de la mangueta quitando la rótula con el extractor de rótulas (figura 2.24). Se monta la tuerca en el espárrago de la rótula para no estropearlo.
- Se separa el palier de la mangueta golpeándolo ligeramente o usando un extractor (figura 2.25).

»

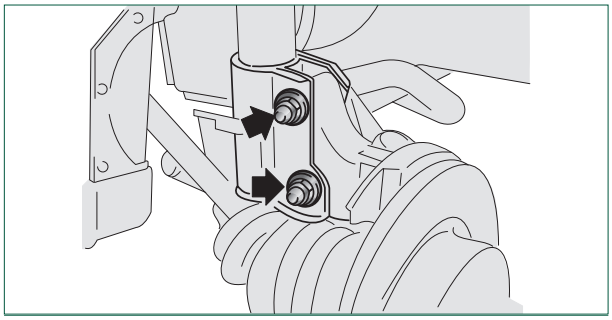


2.24. Extractor de la rótula.

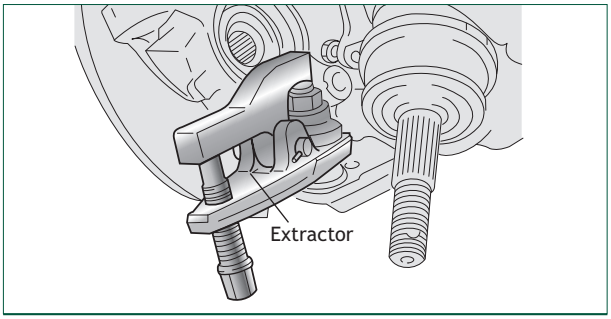


2.25. Golpear el palier.

- Se quitan los pernos de montaje inferiores del amortiguador (figura 2.26).
- Se afloja la tuerca de ajuste de la junta de rótula inferior.
- Se separa la mangueta del espárrago de la junta de rótula inferior con el extractor de rótulas y se desmonta de la articulación transversal (figura 2.27).



2.26. Tornillos de sujeción con la mangueta.

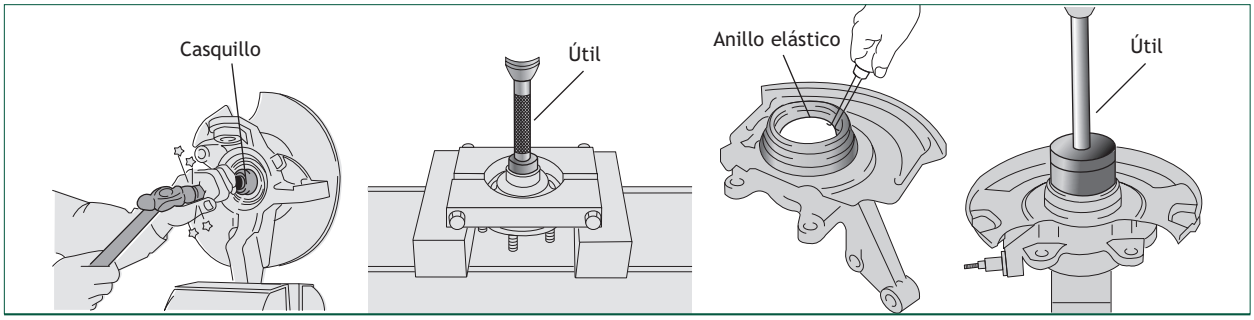


2.27. Extractor de rótulas.

Desmontaje de los rodamientos

Cuando se desmonta el cubo o el cojinete de rueda de la mangueta, se sustituye el conjunto del cojinete (pista externa y pistas internas) por uno nuevo (figura 2.28).

- Se saca el cubo junto con la pista interna de la mangueta con una herramienta adecuada.
- Se desmonta la pista interna del cojinete exterior.
- Se desmonta el anillo elástico exterior.
- Se monta en prensa la pista externa del cojinete con el útil adecuado.

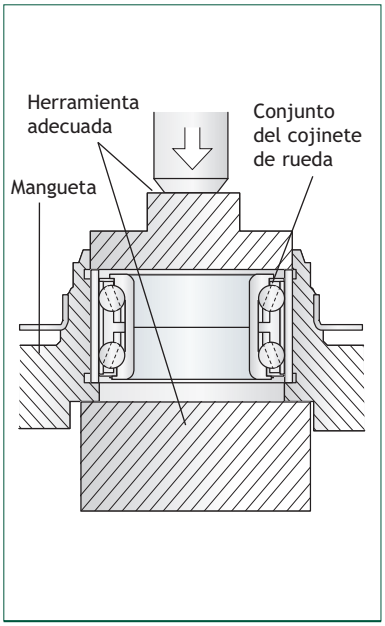


2.28. Desmontaje de los rodamientos.

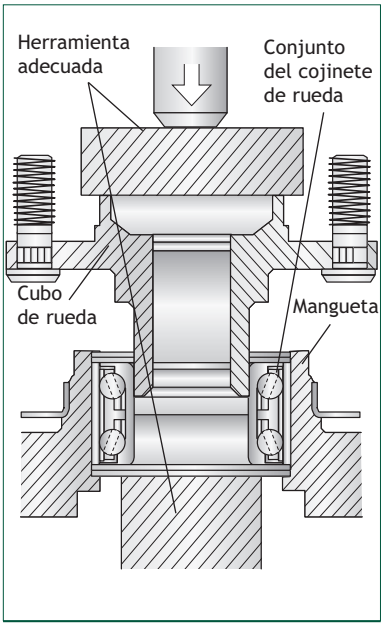
Montaje de los rodamientos

Cuando se desmonte la placa deflectora, se sustituye por una nueva. Se presiona la nueva placa de manera que toque la pared de la mangueta.

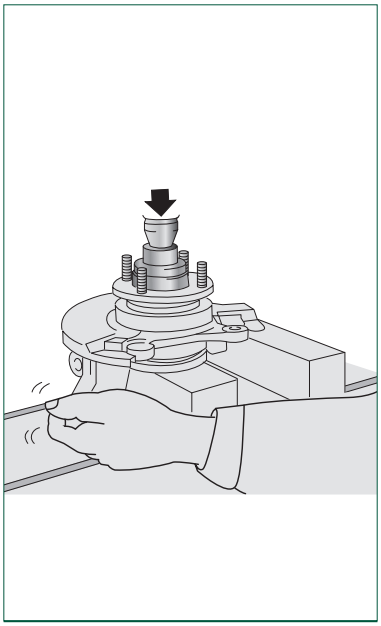
- Se monta el anillo elástico interno en la ranura de la mangueta.
- Se empuja el nuevo cojinete de rueda dentro de la mangueta hasta que entre en contacto con la mangueta de dirección (figura 2.29).
  Se debe tener especial precaución en no presionar la pista interna del cojinete de rueda y de no aplicar aceite o grasa a las superficies de acoplamiento de la pista externa del cojinete de rueda o de la mangueta.
- Se monta el anillo elástico externo en la ranura de la mangueta.
- Se presiona el cubo de rueda en la mangueta hasta que pare cuando golpea el extremo del cojinete de rueda (figura 2.30).
- Se revisa el funcionamiento del cojinete (figura 2.31).
  - Se aplica la carga P con una prensa.
  - Se gira la mangueta varias veces en ambos sentidos.
  - Se comprueba que los cojinetes de rueda funcionan suavemente.



2.29. Montaje del rodamiento.



2.30. Montaje del cubo.



2.31. Comprobar el montaje.

Montaje del conjunto

- Una vez montado el rodamiento correctamente en la mangueta, se monta esta con el cubo de rueda. Cuando se monta la mangueta en el amortiguador, se sujetan los pernos y tuercas de ajuste, aproximadamente a 12 daN·m.
  Antes de apretar, se aplica aceite a la parte roscada del palier.
- Se aprieta la contratuerca del cojinete de rueda a aproximadamente 30 daN·m.
- Se comprueba que los cojinetes de rueda funcionan suavemente.
- Se comprueba que el juego axial del cojinete de la rueda es menor o igual que 0,05.

Práctica 2

4 >> Sistemas de estanqueidad

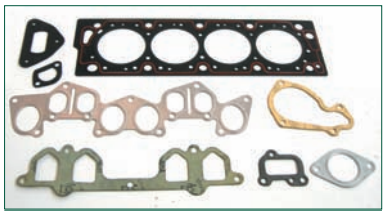
Los sistemas de estanqueidad evitan la pérdida de fluidos contenidos en los distintos mecanismos y protegen a estos de agentes externos que pudieran perjudicar su funcionamiento.

Los principales sistemas de estanqueidad son las juntas de estanqueidad, los retenes de estanqueidad, las juntas tóricas y los guardapolvos.

4.1 > Juntas de estanqueidad

Las juntas de estanqueidad son láminas finas de materiales como corcho, caucho, etc., troqueladas como la superficie a estanqueizar.

Estas juntas se utilizan para evitar las pérdidas de fluidos por las uniones de los mecanismos. Estas uniones se deben a que ciertos mecanismos se fabrican en varias piezas, lo que hace que cuando tienen que circular fluidos por su interior sea necesario impermeabilizar ambas superficies.



2.32. Juego de juntas de estanqueidad.

4.2 > Retenes de estanqueidad

Los retenes evitan las pérdidas de fluidos en los ejes de los mecanismos. Estos se fabrican con caucho sintético sobre una carcasa metálica que configura el diámetro exterior. El diámetro interior se forma por medio de un muelle y un labio anular de goma que impide la pérdida de los fluidos.

Los retenes vienen marcados con sus medidas en la cara exterior de estos. Así, por ejemplo, la inscripción 30-42-8 significa que tiene de diámetro interior 30 mm, de diámetro exterior 42 mm y 8 mm de grosor.

Determinados retenes tienen sentido de montaje y giro. El sentido de giro va marcado por una flecha impresa en el retén.

2.33. Retén de estanqueidad.

4.3 > Juntas tóricas

Las juntas tóricas son anillos de caucho que se adaptan a mecanismos con ejes y latiguillos impidiendo la pérdida de fluidos.

Las juntas tóricas se designan por su diámetro exterior, por su diámetro interior y por su grosor.

2.34. Junta tórica.

4.4 > Guardapolvos

Los guardapolvos son fuelles de caucho que generalmente alojan en su interior grasa para lubricar los mecanismos. Impermeabilizan y protegen a estos de agentes externos que pudieran deteriorarlos.

Los guardapolvos son muy utilizados en mecanismos como las transmisiones y las direcciones de cremallera. En estas últimas se protege la cremallera del polvo y de la humedad permitiendo el movimiento longitudinal sobre la carcasa.

Los guardapolvos se sujetan a los mecanismos por medio de bridas o abrazaderas que permiten su sustitución en caso de deterioro.

2.35. Guardapolvos de la dirección.

Casos prácticos

Sustitución del fuelle guardapolvos de la dirección de un automóvil

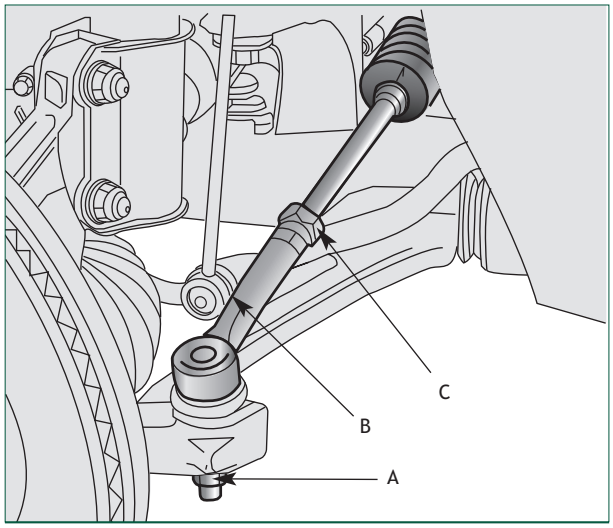
•• Sustituye el fuelle del guardapolvos en un Saab 9-5.

2.36. Saab 9-5 BioPower.

Solución •• Para esta operación se seguirán los pasos recomendados en el manual de reparaciones del fabricante:

Desmontaje del fuelle

- Se eleva el automóvil. Esta operación se puede realizar en un elevador. Si se utiliza un gato, el automóvil debe colocarse sobre caballetes.
- Se desmonta la rueda del vehículo y se afloja la contratuerca que fija la rótula (C).
- Se desmonta la tuerca de la rótula de dirección que une el pivote de dirección (A) y se suelta la rótula (B) de la caja del pivote de dirección con ayuda de un extractor de rótulas.
- Se desenrosca la rótula contando el número de vueltas, sujetando la barra de acoplamiento de la dirección que une la barra de cremallera.
- Se limpia la zona con aire comprimido y se desmonta soltando las abrazaderas del fuelle. Por último, se suelta el fuelle.

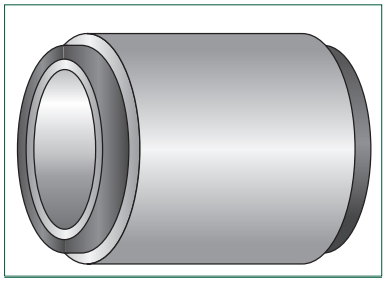


2.37. Esquema de montaje de la rótula de dirección.

Montaje del fuelle nuevo

- Se limpia el tirante de dirección y la rótula, y se aplica si es necesario grasa de litio.
- Se monta un fuelle nuevo en el engranaje de dirección y la caja del engranaje de dirección y se sujeta montando abrazaderas nuevas.
- Se enrosca la rótula de dirección (B) con el mismo número de vueltas medidas en el desmontaje.
- Se monta la rótula de la dirección al pivote de dirección. Se aprieta la tuerca (A) con un par de apriete de 35 Nm.
- Se aprieta la contratuerca de la articulación de dirección (C) con un par de apriete 70 Nm.
- Por último, se monta la rueda apretándola teniendo en cuenta el siguiente par de apriete. Para llantas de aluminio, 110 Nm; y para llantas de acero, 90 Nm.
- Una vez revisada la operación, se baja el vehículo al suelo.

Tras la sustitución del fuelle guardapolvos de la dirección, se debe controlar la convergencia y ajustarla según las cotas del fabricante.



2.38. *Silentblock.*

Residuos

Todas las piezas y líquidos que se sustituyan en una reparación hay que depositarlos en los contenedores y recipientes apropiados para su retirada por las empresas de recogida de residuos autorizadas.

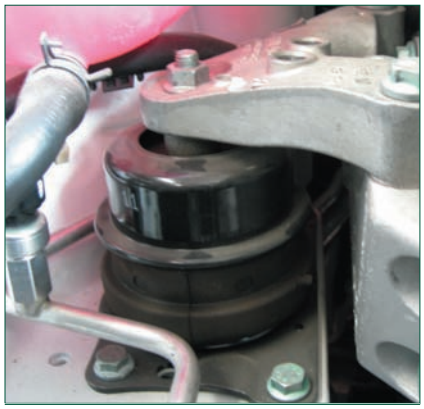
5 >> Sistemas de unión elásticos y eléctricos

Los sistemas de unión elásticos permiten la unión de distintos mecanismos o componentes garantizando un determinado movimiento entre estos.

La unión elástica es utilizada por elementos que se someten a vibraciones impidiendo que la unión se destruya por estas. Las uniones elásticas se realizan con componentes elásticos como la goma (caucho), en ocasiones reforzadas con fibra o lonas, y los muelles.

Un ejemplo de elementos de unión elásticos son los *silentblock,* los tacos de goma, los muelles, flejes, etc.

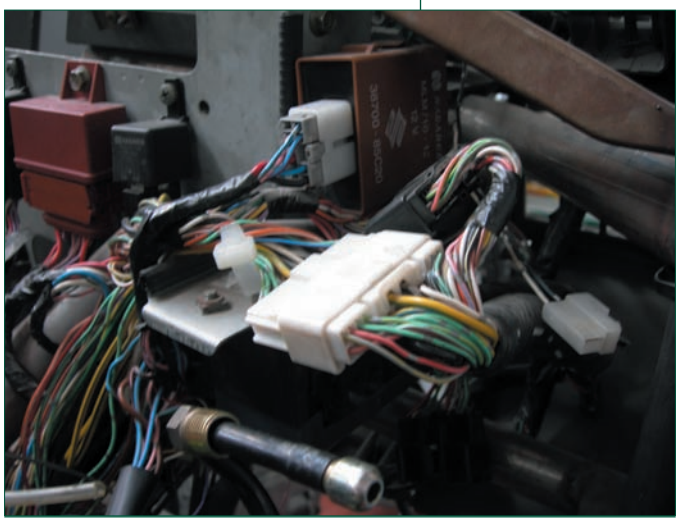
2.39. Unión por latiguillo.



2.40. Taco elástico de motor.

Otras uniones elásticas son las destinadas a conducir fluidos en los circuitos hidráulicos y neumáticos. Esta unión se realiza a través de latiguillos y manguitos de caucho reforzados con mallas textiles o metálicas.

Estos elementos son de fácil montaje y desmontaje, con el inconveniente de que, con el paso del tiempo, sufren deterioros.



2.41. Uniones eléctricas mediante clemas de conexión.

Los sistemas de unión eléctricos permiten la circulación de electrones entre los distintos mecanismos eléctricos. Estas uniones son muy diversas. Dependen de los elementos a unir, del espacio y de su disposición.

Principalmente, las uniones eléctricas se realizan mediante clemas de conexión y conexiones simples, tipo faston, etc. Las clemas permiten una fácil y rápida conexión.

Gracias a estas conexiones se puede realizar una rápida identificación y comprobación de una avería.

Esta operación se realiza por medio de un multímetro o de un osciloscopio pinchando por la parte trasera de la clema.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿De qué factores depende la unión entre mecanismos?

2·· Explica la principal diferencia entre una unión permanente y una desmontable.

3·· ¿Cuáles son los sistemas de estanqueidad más utilizados en los vehículos?

4·· ¿Para qué se utilizan las arandelas en los sistemas de unión?

5·· Explica el marcaje 32-42-6 de un retén.

6·· ¿Qué indica la inscripción Z en un rodamiento? ¿Cuáles son sus medidas principales?

7·· Enumera cinco uniones amovibles relacionadas con la dirección y la suspensión y di cuál es su sistema de unión.

8·· Cita tres lugares donde se realicen uniones elásticas en un automóvil.

9·· ¿Qué es una clema de conexión?

10·· ¿Qué es un circlip?

11·· ¿Para qué llevan ranuras las tuercas almendradas y ranuradas?

12·· Copia en tu cuaderno una tabla como la siguiente y complétala:

¿Qué tipo de rodamiento...	Solución
... es capaz de soportar altas velocidades de giro y cargas medias radiales?	
... no permiten cargas axiales?	
... necesita un reglaje de precarga en el montaje?	
... soporta cargas axiales muy pequeñas?	

.: APLICACIÓN :.

1·· En vehículos que se dispongan en el taller, realiza el desmontaje y montaje de los siguientes elementos:

a) Polea de accesorios de un motor.
b) Rótula de la dirección.
c) Rótula inferior de un trapecio.
d) *Silentblock* de un trapecio.
e) Rodamientos de un alternador.
f) Rodamientos de la mangueta.
g) Juntas tóricas de latiguillos.

Caso final

Sustitución de una rótula de dirección deteriorada

•• Al hacer la geometría de la dirección en un Seat Córdoba se detecta que la rótula de la dirección del lado derecho tiene holgura. Sustituye la rótula previamente para realizar la geometría de manera correcta.

Solución •• Las rótulas de las barras de acoplamiento se pueden sustituir con las barras de dirección y la caja de dirección montadas. Para ello se realizan las siguientes operaciones:

1. En primer lugar se desmonta la rueda delantera. Para ello el vehículo debe estar elevado.

2.42. Desmontaje de la rueda.

2.43. Conjunto al descubierto.

2. Se afloja la contratuerca de sujeción de la rótula. Se sujeta la barra de acoplamiento por el lugar destinado a este fin para no variar en exceso la geometría.

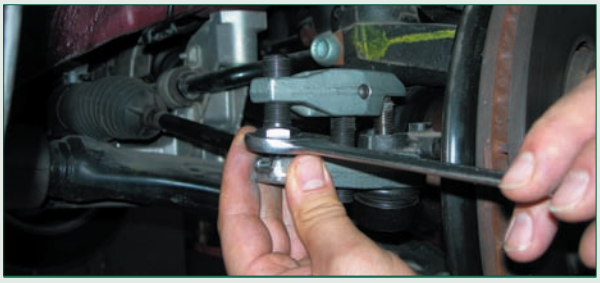
2.44. Desmontaje de la tuerca de sujeción.

2.45. Desmontaje de la contratuerca de sujeción.

3. Se desmonta la tuerca de sujeción de la rótula.

4. Una vez desmontada la tuerca, se monta el extractor de la rótula para extraer esta de la mangueta.

2.46. Desmontaje de la tuerca de la rótula.



2.47. Extracción de la rótula.

5. Se deja la tuerca hexagonal enroscada algunas vueltas para proteger la rosca.

2.48. Extracción de la rótula.

2.49. Protección de la rosca.

6. Se hace girar la rótula contando el número de vueltas. En este punto se debe tener en cuenta que la barra de acoplamiento no debe girar. En este caso se han dado 18 vueltas hasta la extracción.

2.50. Desmontaje de la rótula.

2.51. Barra de acoplamiento sin rótula.

En el montaje de la rótula nueva, se debe atender a la marca del vástago de la rótula de la barra de dirección.

- Identificación D: rótula de la dirección izquierda.
- Identificación C: rótula de la dirección derecha.

Se enrosca la rótula de la barra de la dirección sobre dicha barra las vueltas contadas en el desmontaje (18).

Se aprieta la contratuerca hexagonal que sujeta la rótula a barra de acoplamiento a un par de apriete de 50 Nm.

Se encaja la rótula en el alojamiento de la mangueta y se aprieta su tuerca a un par de apriete 20 Nm + 1/4 vuelta (90°). En caso de que la rótula gire, se sujeta con una llave allen de 6 mm y se aprieta la tuerca. También se puede realizar esta operación presionando por la parte inferior de la rótula con un desmontable.

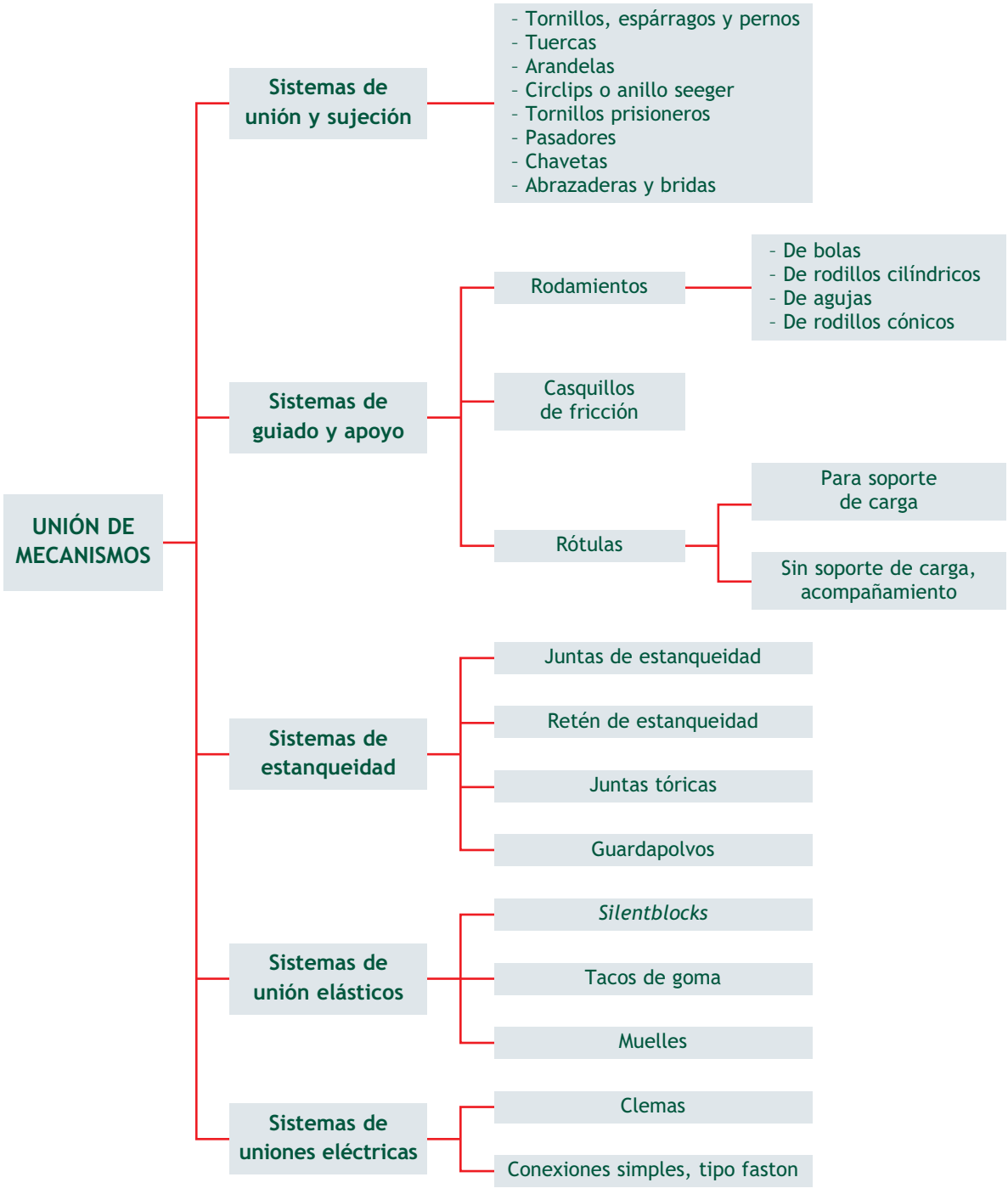
Se monta la rueda delantera y se aprietan los tornillos a un par de apriete de 120 Nm.

Por último, se realiza la geometría de la dirección.

2.52. Apriete de la rótula.

2.53. Apriete de la rueda al par.

Ideas clave


UNIÓN DE MECANISMOS
Sistemas de unión y sujeción
- Tornillos, espárragos y pernos
- Tuercas
- Arandelas
- Circlips o anillo seeger
- Tornillos prisioneros
- Pasadores
- Chavetas
- Abrazaderas y bridas
Sistemas de guiado y apoyo
Rodamientos
- De bolas
- De rodillos cilíndricos
- De agujas
- De rodillos cónicos
Casquillos de fricción
Rótulas
Para soporte de carga
Sin soporte de carga, acompañamiento
Sistemas de estanqueidad
Juntas de estanqueidad
Retén de estanqueidad
Juntas tóricas
Guardapolvos
Sistemas de unión elásticos
Silentblocks
Tacos de goma
Muelles
Sistemas de uniones eléctricas
Clemas
Conexiones simples, tipo faston

EQUIPOS DE TRABAJO EN EL TALLER DE ELECTROMECÁNICA

Las máquinas y equipos de trabajo de uso en talleres mecánicos y de motores térmicos deben cumplir unos requisitos legales que garanticen la seguridad de los trabajadores que los manipulan, así como los bienes patrimoniales de la empresa. Tales requisitos están recogidos en dos **textos legales**, a saber:

- **Real Decreto 1435/1992,** de 27 de noviembre, de aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.
- **Real Decreto 1215/1997,** de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

El primero de tales textos exige, en líneas generales, que todas las **máquinas y equipos de trabajo nuevos** deberán disponer de **marcado CE,** así como de **declaración CE de conformidad.** Este **requisito** es aplicable siempre:

- A todas las máquinas nuevas, aunque no presenten riesgo alguno para la seguridad de los usuarios.
- A todas aquellas que sean de fabricación propia, aunque no se comercialicen.
- En aquellos casos en que se monten máquinas o partes de máquinas de orígenes diferentes.

El requisito anterior no será de aplicación cuando se acople a una máquina o a un tractor un equipo intercambiable.

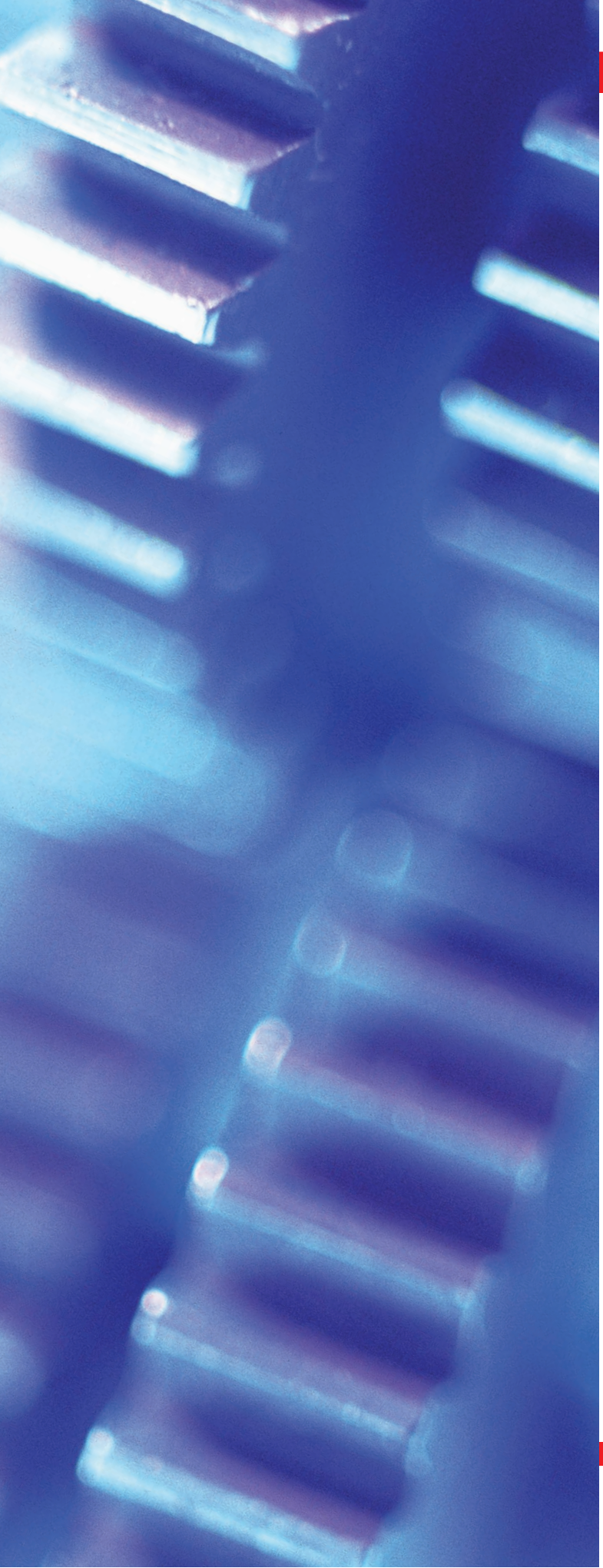
Marcado CE.

La **declaración CE de conformidad** acredita que la máquina o equipo de trabajo cumple los requisitos esenciales de seguridad y su firma posibilita la colocación de la marca CE en la máquina o equipo en cuestión.

En cuanto a los **equipos y máquinas fabricadas antes del 1 de enero de 1995 que no dispongan de marcado CE**, deben **ponerse en conformidad** con arreglo a lo establecido en el **Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio**.

Una forma de abordar la problemática legal que generan las máquinas y equipos de trabajo es realizar un **inventario** que permita conocer con exactitud las carencias existentes.

Fuente: **Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral**
Universidad Politécnica de Valencia



unidad 3

Transmisión de movimiento y mecanismos

SUMARIO

- Ruedas y conos de fricción
- Engranajes
- Poleas y correas
- Cadenas
- Palancas
- Biela-manivela
- Leva
- Tornillo y tuerca
- Árboles de transmisión

OBJETIVOS

- Estudiar los mecanismos y sus movimientos.
- Conocer las magnitudes que intervienen en la transmisión de movimiento.
- Conocer los mecanismos más importantes utilizados en los vehículos.
- Calcular desarrollos y relaciones de transmisión con los distintos mecanismos.

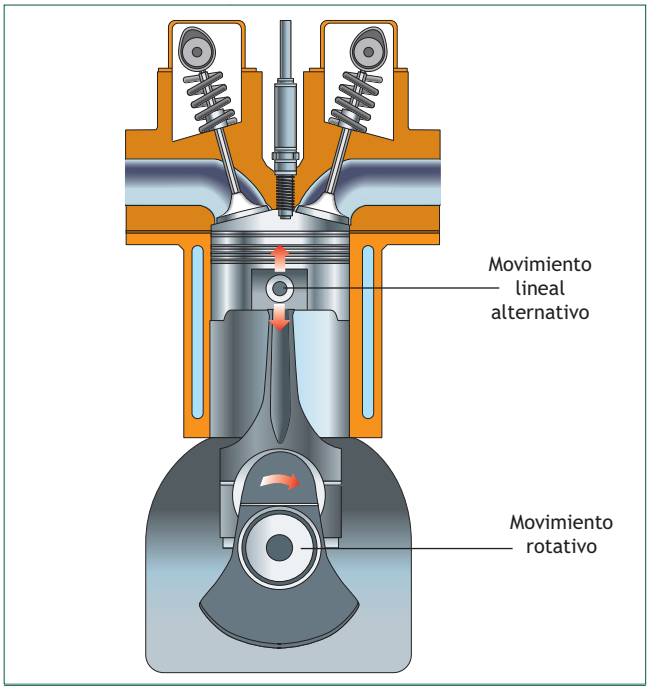
1 >> Transmisión de movimiento

En cada conjunto mecánico del vehículo, como el motor, la caja de cambios, la suspensión, etc. se incorporan piezas y mecanismos acoplados y sincronizados entre sí que, entre todos, realizan la función para la que este se diseñó.

> **Los mecanismos permiten transformar y transmitir las fuerzas y los movimientos necesarios para los que han sido diseñados.**

Por ejemplo, el motor transforma la energía química en energía mecánica, que es transmitida al conjunto biela-pistón en un giro continuo; y la caja de cambios dispone de ruedas dentadas engranadas que aumentan o reducen el giro que recibe del motor.

Los conjuntos mecánicos son capaces de transformar y transmitir el movimiento y las fuerzas aplicadas según las necesidades del diseño que se realice. Los movimientos que pueden realizar los mecanismos quedan resumidos en la siguiente tabla.



3.1. Movimiento lineal alternativo del pistón y rotativo del cigüeñal.

Tipos de movimientos		
Denominación	Descripción	Ejemplo
Lineal	Su trayectoria se realiza en línea recta.	Desplazamiento del émbolo y el vástago de un amortiguador.
Lineal alternativo	Su trayectoria es lineal en una dirección y su opuesta de forma alternativa.	Movimiento del pistón de un motor.
Rotativo, giratorio o angular	Su trayectoria es circular, es decir, todos los puntos son concéntricos al centro de rotación.	Giro de las ruedas.
Oscilante	Movimiento de avance y retroceso describiendo un arco.	Movimiento que realiza un trapecio de suspensión.

1.1 > Velocidad de un mecanismo

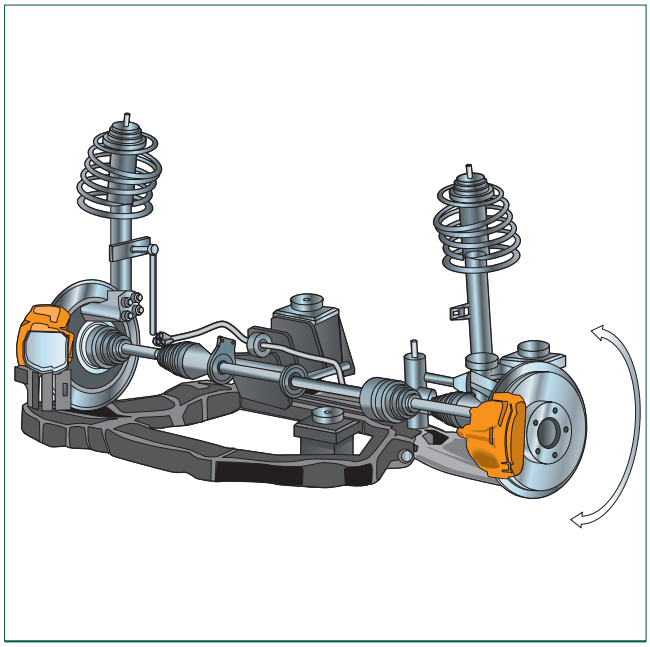
Para calcular la velocidad en un punto del mecanismo se debe definir el tipo de movimiento que realiza y utilizar las fórmulas adecuadas:

– **Velocidad lineal (v).** Es el cociente del espacio lineal recorrido (e) y el tiempo (t) necesario para recorrerlo:

$$v = \frac{e}{t}$$

La velocidad lineal se expresa en kilómetros por hora (km/h) o metros por segundo (m/s). Por ejemplo, para conocer la velocidad lineal de un vehículo que recorre el espacio de dos kilómetros y tarda para recorrer este espacio un minuto, la velocidad media será:

$$v = \frac{e}{t} = \frac{2\ km}{1\ min} \cdot \frac{60\ min}{1\ h} = 120\ km/h$$



3.2. Movimiento oscilante de un trapecio de suspensión.

– **Velocidad angular (ω).** Es el cociente del espacio recorrido en rotación (θ) y el tiempo (t) empleado para recorrerlo.

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi\ n}{60} \cdot \frac{rad}{min}$$

Se expresa en radianes o revoluciones por minuto.

1 revolución = 360° = 2π radianes

$$v = \frac{e}{t} = \frac{2\pi\ r \cdot n}{60} = \frac{rad}{min} = rpm$$

Siendo n el número de revoluciones por minuto y r el radio de giro.

1.2 > Revoluciones por minuto

La revolución por minuto (rpm) es una unidad admitida para medir la velocidad angular del giro de los motores. Las revoluciones por minuto se emplean para medir las vueltas de los motores.

La unidad de la velocidad angular en el sistema internacional es el radián por segundo, aunque los radianes no son usuales en los talleres de automoción:

1 rpm = 2π rad/min = 2π rad /60 s = 0,10471976 rad/s

1.3 > Fuerza

La fuerza es el producto de la masa de un cuerpo por su aceleración. La unidad de fuerza del sistema internacional es el newton (N).

Un newton es la fuerza que proporciona a un objeto de 1 kg de masa una aceleración de 1 m/s^2.

$$F = m \cdot a$$
$$1\ N = 1\ kg \cdot m/s^2$$

El newton es una unidad pequeña para los trabajos de automoción. Normalmente se suele emplear el decanewton (daN) y el kilopondio (kp).

Las equivalencias de ambas unidades con el newton son las siguientes:

1 daN = 10 N

1 kp = 1 kgf = 9,81 N

3.3. Cuentarrevoluciones de un motor.

1.4 > Momento de inercia o par

El momento de inercia o par (M) es el resultado de multiplicar la fuerza (F) aplicada sobre un determinado brazo de palanca (l) dispuesto en un punto giratorio.

La unidad de medida del momento de inercia o par en el sistema internacional es el newton por metro, Nm.

$$M = F \cdot l$$

La fuerza de un newton realizada sobre un punto de apoyo con una palanca de un metro de longitud equivale a 1 Nm.

El momento de giro que se obtiene con la fuerza de una masa de 1 kilogramo suspendida sobre una palanca de un metro de longitud será:

$$M = F \cdot l = 9{,}81\ N \cdot 1\ m = 9{,}81\ Nm = \pm 1\ daNm = \pm 1\ kgfm$$

El par aumenta con la fuerza y con la longitud del brazo de palanca. En automoción, el par es muy utilizado para:

– Medir el apriete de tuercas y tornillos.
– Medir las rodaduras de conjuntos.
– Calcular la potencia de un motor.

Para calcular el par C_m de un motor, dado en daNm o kgfm, se emplea la siguiente fórmula:

$$C_m = 716{,}20 \frac{W_f}{rpm}$$

Siendo W_f la potencia al freno expresada en caballos de vapor (CV) y las revoluciones por minuto del motor (rpm).

3.4. Apriete de una rueda al par con llave dinamométrica.

1.5 > Potencia

La potencia es igual al trabajo realizado partido por el tiempo a lo largo del cual se efectúa dicho trabajo. La potencia se mide en unidades de energía divididas entre unidades de tiempo.

La unidad de potencia en el sistema internacional es el vatio (W), que equivale a la potencia necesaria para efectuar 1 julio (J) de trabajo por segundo. La potencia de los motores se mide en caballos de vapor (CV), que equivale aproximadamente a 736 vatios.

Equivalencias entre unidades de potencia

Las unidades para la potencia en el sistema internacional son los vatios (W).

$1\ W = 1 \frac{J}{s} = 1\ Nm$

$1\ W = 1 = 1\ Nm$

1 kW = 1 000 W

1 CV = 736 W

1 kW = 1,36 CV

Tipos de potencia		
Potencia mecánica (P)	**Lineal:** $P = F \cdot v$	F: fuerza en newton v: velocidad en metros partidos por segundos
	Rotación: $P = M \cdot \omega$	M: momento del par en newton por metro ω: velocidad angular en radianes partidos por segundos
Potencia hidráulica (P)	$P = Q \cdot p$	Q: caudal de fluido en metros cuadrados por segundo p: presión en newtons partidos por metros cuadrados (pascales)
Potencia eléctrica (P)	$P = V \cdot I$	V: tensión medida en voltios I: corriente eléctrica medida en amperios

1.6 > Rendimiento

El rendimiento es el cociente de la potencia de salida y de entrada de un mecanismo.

$$\eta = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}}$$

Casos prácticos

Cálculo de número de vueltas a partir de la velocidad angular

•• Calcula el número de vueltas que dará en 20 segundos una rueda que gira a 36 rpm.

Solución •• Partiendo de la fórmula de la velocidad angular (ω) y sabiendo que 1 minuto son 60 segundos, se despeja θ para calcular el número de vueltas:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \rightarrow \theta = \omega \cdot t = 36 \text{ rpm} \cdot 20 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 12 \text{ rpm}$$

Casos prácticos

Cálculo de potencia

•• Calcula la potencia desarrollada por un motor a 2 000, 3 000, 4 000, 5 000 y a 6 000 rpm, sabiendo que el par correspondiente es 122, 140, 147, 139 y 119 Nm, respectivamente. Dibuja la curva de par y potencia.

Solución •• La figura 3.5 refleja los datos aportados por el enunciado:

En primer lugar pasa el par de Nm a daNm, para poder utilizar estos datos en el cálculo de W_f.

$$C_{m\ a\ 2\ 000} = \frac{122 \text{ Nm}}{10} = 12{,}2 \text{ daNm} \quad C_{m\ a\ 4\ 000} = \frac{147 \text{ Nm}}{10} = 14{,}7 \text{ daNm} \quad C_{m\ a\ 6\ 000} = \frac{119 \text{ Nm}}{10} = 11{,}9 \text{ daNm}$$

$$C_{m\ a\ 3\ 000} = \frac{140 \text{ Nm}}{10} = 14 \text{ daNm} \quad C_{m\ a\ 5\ 000} = \frac{139 \text{ Nm}}{10} = 13{,}9 \text{ daNm}$$

Para calcular la potencia se despeja W_f de la fórmula de par:

$$C_m = \frac{716{,}20\ W_f}{\text{rpm}} \rightarrow W_f = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20}$$

Además, para obtener el resultado en kW es necesario multiplicar el resultado por 0,736, puesto que 1 CV = 0,736 kW.

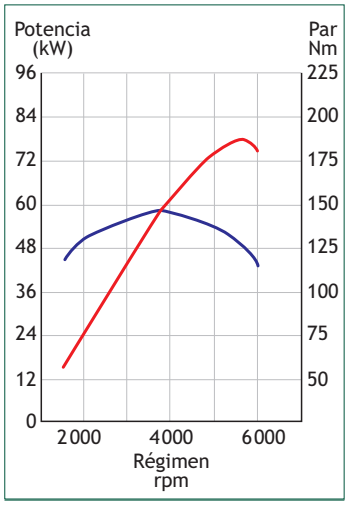
$$W_{f\ a\ 2\ 000} = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20} = \frac{12{,}2 \cdot 2\ 000}{716{,}20} = 34{,}07 \text{ CV} \cdot 0{,}736 \frac{\text{kW}}{\text{CV}} = 25{,}075 \text{ kW}$$

$$W_{f\ a\ 3\ 000} = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20} = \frac{14 \cdot 3\ 000}{716{,}20} = 58{,}64 \text{ CV} \cdot 0{,}736 \frac{\text{kW}}{\text{CV}} = 43{,}16 \text{ kW}$$

$$W_{f\ a\ 4\ 000} = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20} = \frac{14{,}7 \cdot 4\ 000}{716{,}20} = 82{,}10 \text{ CV} \cdot 0{,}736 \frac{\text{kW}}{\text{CV}} = 60{,}42 \text{ kW}$$

$$W_{f\ a\ 5\ 000} = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20} = \frac{13{,}9 \cdot 5\ 000}{716{,}20} = 97{,}04 \text{ CV} \cdot 0{,}736 \frac{\text{kW}}{\text{CV}} = 71{,}42 \text{ kW}$$

$$W_{f\ a\ 6\ 000} = \frac{C_m \cdot \text{rpm}}{716{,}20} = \frac{11{,}9 \cdot 6\ 000}{716{,}20} = 99{,}69 \text{ CV} \cdot 0{,}736 \frac{\text{kW}}{\text{CV}} = 73{,}37 \text{ kW}$$



3.5. Curva de par y potencia.

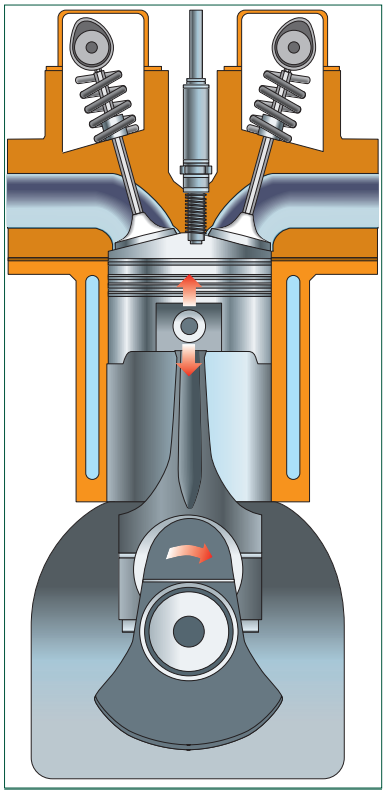
2 >> Mecanismos

Un mecanismo es un conjunto de elementos rígidos o semirrígidos conectados entre sí o empleando articulaciones móviles y cuya misión es la de transmitir, multiplicar o desmultiplicar una velocidad, una fuerza o una trayectoria. La combinación de un conjunto de mecanismos se denomina máquina.

Uno de los mecanismos más importantes es el de biela-manivela, el cual permite transformar un movimiento rectilíneo alternativo en un movimiento rotativo.

Los mecanismos más empleados en los vehículos son:

– Ruedas y conos de fricción.
– Engranajes o ruedas dentadas.
– Poleas y correas.
– Cadenas.
– Palancas.
– Mecanismo biela-manivela.
– Levas.
– Tornillo y tuerca.
– Árboles o ejes de transmisión.



3.6. Mecanismo biela-manivela.

2.1 > Ruedas y conos de fricción

Las ruedas de fricción están formadas por dos o más discos o ruedas cuyas superficies están en contacto y permiten transmitir el movimiento entre dos o más ejes por fricción de una rueda contra la otra.

La transmisión del giro con ruedas de fricción no es exacta. Los deslizamientos y resbalamientos entre las ruedas pueden falsear las relaciones de transmisión. En el mecanismo por ruedas de fricción, los ejes giran con distinto sentido de giro, por lo que si se quiere conseguir que dos ejes giren en el mismo sentido será necesario interponer otra rueda entre estos.

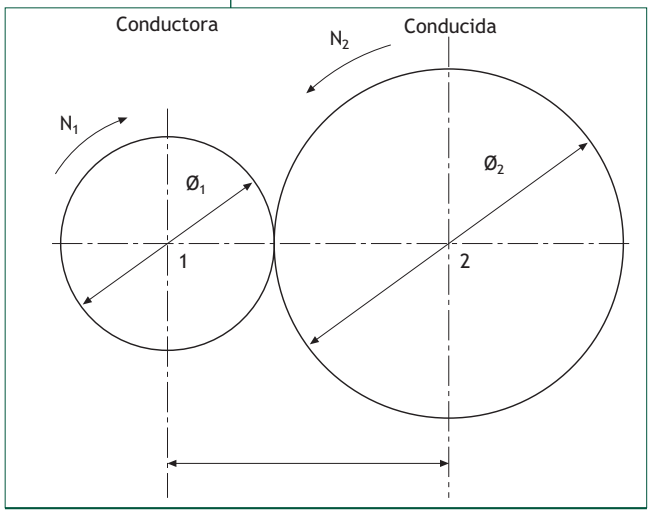
El mecanismo por conos de fricción tiene los mismos principios de funcionamiento que el mecanismo por ruedas de fricción, con la diferencia que en este los ejes de ambas ruedas se cortan.

La relación de transmisión de este mecanismo es la siguiente:

$$R_t = \frac{Ø_2}{Ø_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Siendo:

R_t: relación de transmisión.
$Ø_2$: diámetro de la polea conducida.
$Ø_1$: diámetro de la polea conductora.
r_2: radio de la polea conducida.
r_1: radio de la polea conductora.
N_1: revoluciones por minuto de la polea conductora.
N_2: revoluciones por minuto de la polea conducida.



3.7. Mecanismo por ruedas de fricción.

2.2 › Engranajes o ruedas dentadas

Las ruedas dentadas se montan en ejes que giran sobre casquillos o rodamientos. En la transmisión se pueden emplear tantas parejas de ruedas dentadas como sean necesarias.

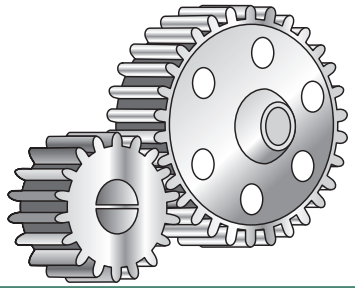
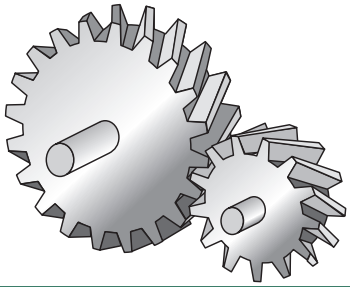
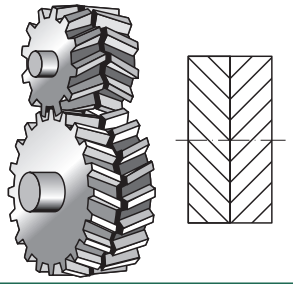
Los engranajes con ruedas dentadas permiten transmitir grandes esfuerzos y relaciones de transmisión fijas y exactas. No existe resbalamiento de una rueda sobre la otra, como puede ocurrir en las ruedas de fricción.

La rueda o engranaje de menor número de dientes se conoce como piñón y la mayor, corona. La relación de transmisión de este mecanismo es:

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Siendo R_t: relación de transmisión.
Z_2: número de dientes del engranaje conducido.
Z_1: número de dientes del engranaje conductor.
N_1: revoluciones por minuto del engranaje conductor.
N_2: revoluciones por minuto del engranaje conducido.

Los dientes tallados en los engranajes pueden ser rectos, helicoidales o de doble hélice.

Tipos de dentados en los engranajes		
Dentado recto	En este tipo de dentado, los dientes se tallan paralelos al eje, de tal manera que la transmisión de fuerza se realiza de forma perpendicular al eje, lo que permite transmitir grandes esfuerzos. Permite acoplar y desacoplar un piñón con otro.	
Dentado helicoidal	Mecanizado de forma oblicua con respecto al eje. La superficie de contacto entre dos piñones es superior a la del dentado recto con la misma anchura de piñón, por lo que su desgaste es menor. Su funcionamiento es más silencioso que los rectos. La transmisión de fuerza es menos efectiva que en el dentado recto debido a que existen fuerzas axiales.	
Dentado de doble hélice	Permite contrarrestar los esfuerzos axiales por medio de sus dientes, que van mecanizados en forma de flecha. La ventaja de este tipo de dentado es que ofrece gran superficie de apoyo entre los engranajes. Es una evolución del dentado helicoidal.	

Módulo de una rueda dentada M

El tamaño de los dientes y el módulo están normalizados.

El módulo de una rueda es la relación entre el diámetro primitivo de un engranaje partido por el número de dientes.

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

Dos ruedas dentadas engranadas tienen el mismo módulo. El módulo se puede calcular conociendo el diámetro exterior de la rueda dentada.

$$M = \frac{D_e}{Z + 2}$$

La letra Z indica el número de dientes de la rueda.

3.8. Caja de cambios. Transmisión por engranajes.

Características de los engranajes con dentado recto

En el dentado recto se distinguen los siguientes parámetros:

– **Circunferencia o diámetro primitivo (D_p).** Es el diámetro de la circunferencia sobre la que hacen contacto los dientes cuando engranan unos con otros.

$$D_p = Z \cdot M$$

– **Circunferencia exterior (D_e).** Es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.

$$D_e = (Z + 2) \cdot M$$

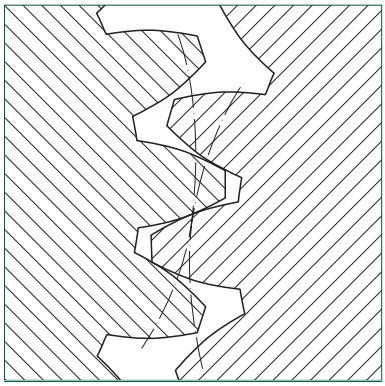
– **Circunferencia interior (D_i).** Es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.

$$D_i = D_e - 2h, \text{ donde } h = 13 \cdot M/6$$

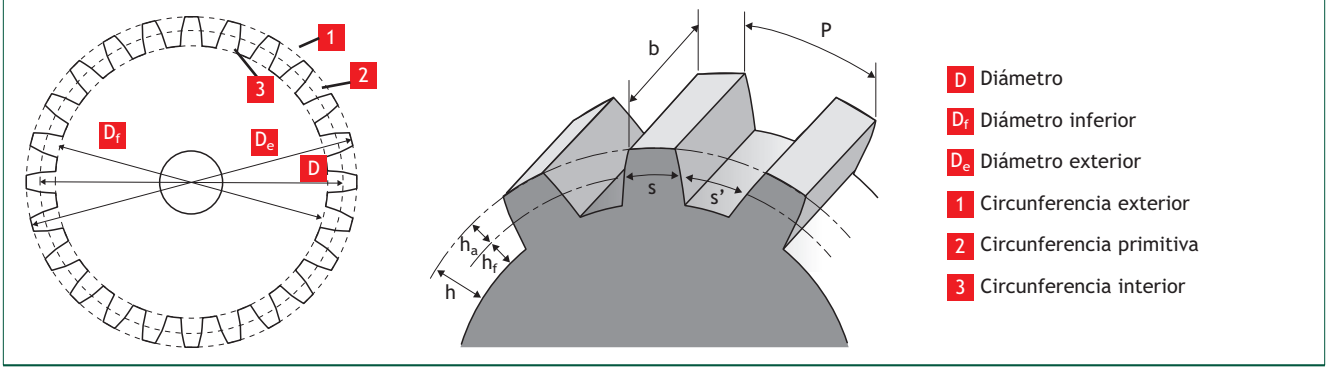
– **Paso circular (p_c).** Es la distancia entre dos puntos iguales de dos dientes consecutivos, medida sobre la circunferencia primitiva.

$$p_c = \pi \cdot M \quad \text{o} \quad p_c = \frac{\pi \cdot D_p}{Z}$$

– **Altura de la cabeza del diente (h_a).** Es la distancia desde la circunferencia primitiva hasta la parte exterior del diente.



3.9. Unión entre dos piñones.



3.10. Parámetros de un engranaje de dientes rectos.

– **Altura del pie del diente (h_f).** Es la distancia desde la circunferencia primitiva hasta la parte interior del diente.
– **Altura del diente (h).** Es la suma entre la altura de la cabeza y el pie del diente.
– **Espesor del diente (s).** Es el grosor del diente medio sobre la circunferencia primitiva.
– **Ancho del hueco del diente (s').** Es la longitud del hueco del diente medida sobre la circunferencia primitiva.
– **Ancho del diente (b).** Es el ancho del diente.

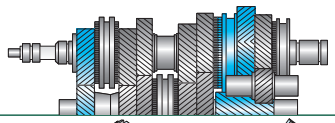
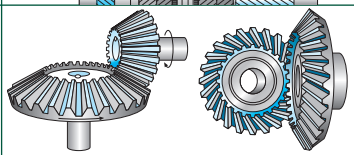
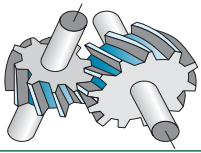
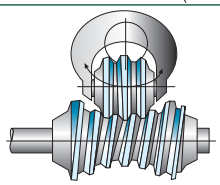
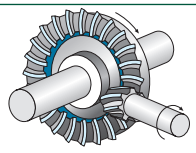
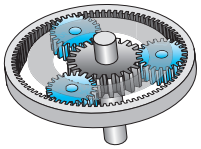
Engranaje helicoidal

Tienen lo mismos parámetros que uno recto, con las siguientes diferencias:

– Tienen paso circunferencial, paso normal y paso helicoidal.
– Tienen el módulo circunferencial y el módulo normal.

Tipos de engranajes

Los engranajes se pueden clasificar en función de la posición de los ejes y su utilización:

Posición de los ejes	Tipo de engranajes	Ejemplos de utilización en automoción	Montaje
Paralelos	Ejes exteriores con dentado recto y helicoidal	Engranajes para el cambio de marchas	
Que se cortan	Engranajes cónicos con dentado recto u oblicuo o en forma de arco	Engranajes para diferenciales	
Que se cruzan	Engranajes cónicos o helicoidales	Accionamiento para distribución y encendido	
	Engranaje de tornillo son fin o globoide	- Engranajes del limpiaparabrisas - Engranajes de la dirección por tornillo sin fin	
	Engranaje hipoide	Grupos cónicos	
En un mismo eje	Ejes dentados y cubo dentado	Tren epicicloidal, motor de arranque y cambios automáticos	

Trenes de engranajes

Un tren de engranajes está formado por dos o más ruedas dentadas unidas entre sí. El tren de engranajes puede ser simple o compuesto.

Tren de engranajes simple

El tren de engranajes simple está compuesto por dos ruedas dentadas engranadas entre sí. En este mecanismo se invierten los sentidos de giro de ambos engranajes. La relación entre la primera y última rueda nos dará como resultado la relación final.

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{rpm_1}{rpm_2} \rightarrow Z_2 \cdot rpm_2 = Z_1 \cdot rpm_1$$

Siendo:

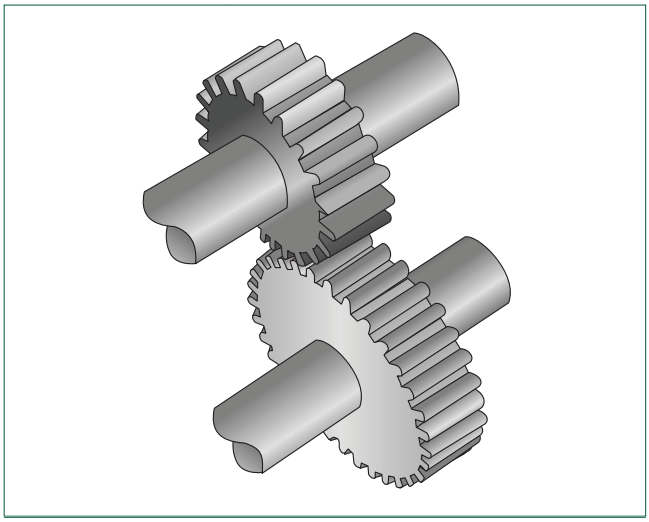
Rt: relación de transmisión.
Z_2: número de dientes de la rueda conducida.
Z_1: número de dientes de la rueda conductora.
rpm_1 o N_1: revoluciones por minuto de la rueda conductora.
rpm_2 o N_2: revoluciones por minuto de la rueda conducida.

Tren de engranajes compuesto

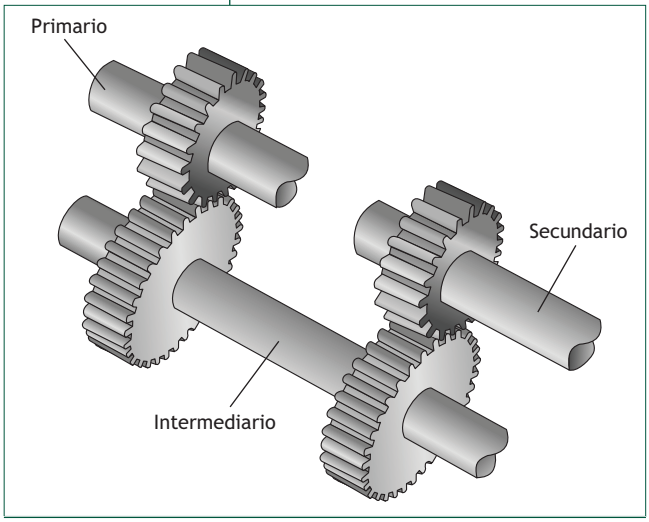
En los trenes de engranajes compuestos existen al menos tres árboles:

– Primario o motriz.
– Intermediario.
– Resistente o secundario.

La relación de transmisión del tren de engranajes compuesto se consigue multiplicando las relaciones de transmisión de los distintos ejes. Este tipo de transmisión se utiliza en cajas de cambios mecánicas.



3.11. Tren de engranajes simple.



3.12. Tren de engranajes compuesto.

Casos prácticos

Cálculo de relaciones de transmisión

•• Calcula la relación de transmisión de un engranaje diferencial sabiendo que el piñón tiene 16 dientes y la corona, 63 dientes.

Solución •• De los datos aportados por el enunciado se sabe que Z_1 = 16 dientes y Z_2 = 63 dientes. Aplicando la fórmula de la relación de transmisión se obtiene:

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{63}{16} = 3{,}938/1$$

Casos prácticos

Relación de transmisión de engranajes

•• Calcula la relación de transmisión de un motor de arranque y de un volante de inercia sabiendo que el piñón del motor de arranque tiene 9 dientes y la corona del volante de inercia, 135 dientes. ¿A qué velocidad girará el volante de inercia si el motor de arranque gira a 500 rpm?

Solución •• Los datos aportados por el enunciado son:

Z_1 = 9 dientes
Z_2 = 135 dientes

La relación de transmisión es:

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1};\ R_t = \frac{135}{9} = 15/1;\ N_2 = \frac{Z_1 \cdot N_1}{Z_2} = \frac{9\ 500}{135} = 33{,}3 \text{ rpm}$$

Casos prácticos

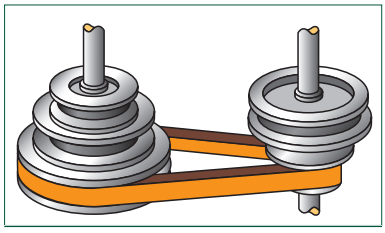
Cálculo de módulo y paso circular

•• Calcula el módulo de un engranaje sabiendo que el diámetro primitivo es de 78 mm y el número de dientes del engranaje es 52. ¿Cuál será su paso circular?

Solución ••

$$M = \frac{p_c}{\pi} = \frac{D_p}{Z} = \frac{78 \text{ mm}}{52} = 1{,}5$$

$$P_c = M \cdot \pi = 1{,}5 \cdot 3{,}1416 = 4{,}7124 \text{ mm}$$

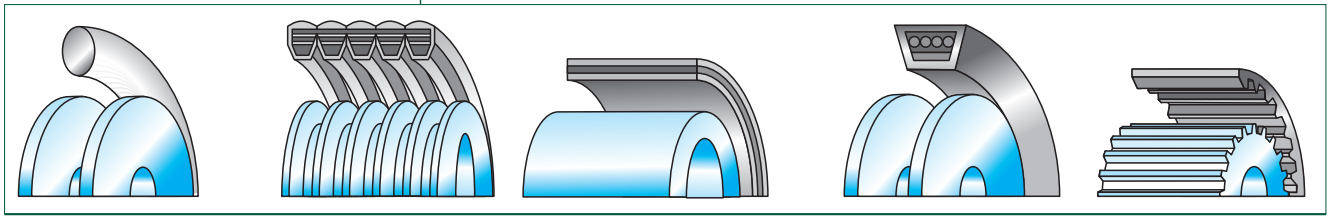


3.13. Mecanismo de poleas.

2.3 › Poleas y correas

Las poleas y las correas permiten la transmisión de movimiento entre árboles paralelos alejados entre sí. La transmisión de movimiento entre poleas se realiza por la fuerza de rozamiento de la correa con la polea.

La velocidad angular en la zona de contacto de la polea y su correa es la misma en todas las poleas que se encuentran unidas con la correa.



3.14. Tipos de correas y poleas.

La velocidad de giro de los ejes (rpm) depende del diámetro de las poleas. A mayor diámetro menor velocidad de rotación.

Las correas son cintas fabricadas con lonas textiles o hilos metálicos y caucho que permiten el movimientos de las poleas con un mínimo deslizamiento de manera suave y silenciosa.

Según la forma de la polea se emplea un tipo de correa. Las correas y poleas más empleadas son: las redondas, planas, trapezoidales, poly-V y dentadas.

El uso de la correa dentada es el único que garantiza la transmisión del movimiento sin resbalamiento. La correa y su polea disponen de dentados, trapezoidales o redondeados. Este tipo de correas se emplea en la distribución de los motores, y en algunas motocicletas en la transmisión a la rueda.

Montaje de mecanismos con poleas y correa

La unión de las poleas con respecto a su eje se puede realizar de diversas maneras. La más común es a través de estriados o dentados, aunque también se utilizan pasadores o chaveteros, de tal manera que se imposibilita el giro de la polea con respecto a su eje.

Un elemento indispensable en el mecanismo de poleas con correa es el tensor. El tensor dispone de un rodillo que apoya en la correa y la mantiene tensa evitando las oscilaciones. Los tensores pueden ser de ajuste automático o manual.

El montaje de las correas se debe realizar de acuerdo con el manual de reparaciones del fabricante. No obstante, se deben de seguir las siguientes recomendaciones:

- No tensar en exceso la correa, ya que pueden sufrir los rodamientos de los ejes.
- No dejar la correa floja, ya que podría existir un resbalamiento de esta sobre las poleas.
- Siempre que se sustituya una correa, es aconsejable sustituir el mecanismo tensor.
- Tras el tensado, comprobar en la correa por su tramo más largo la tensión de esta. Verificar que es el recomendado por el fabricante.

Cálculos con poleas

Para realizar cálculos de velocidades y relaciones de transmisión con poleas es necesario conocer los radios o diámetros de ambas poleas o sus velocidades de giro.

$$R_t = \frac{Ø_2}{Ø_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

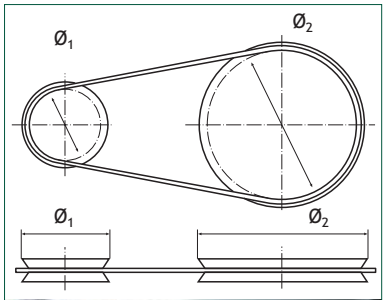
Siendo:

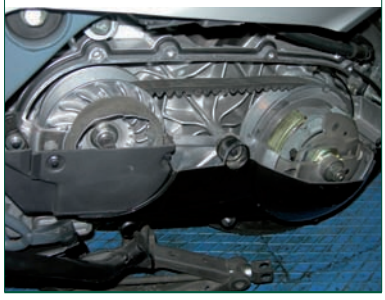
R_t: relación de transmisión.
$Ø_2$: diámetro de la polea conducida.
$Ø_1$: diámetro de la polea conductora.

Correa poly-V

En los motores modernos la correa poly-V es la más empleada para mover los distintos accesorios (alternador, bomba de la dirección asistida, compresor, etc.) ya que dispone de tensores automáticos.

3.15. Mecanismo de distribución por correas dentadas.





3.16. Polea del variador de un ciclomotor.

Práctica 3

r_2: radio de la polea conducida.
r_1: radio de la polea conductora.
N_1: revoluciones por minuto de la polea conductora.
N_2: revoluciones por minuto de la polea conducida.

Casos prácticos

Desmontaje y montaje de una polea poly-V

•• Realiza el proceso de desmontaje y montaje de una polea poly-V de accesorios en un motor diésel.

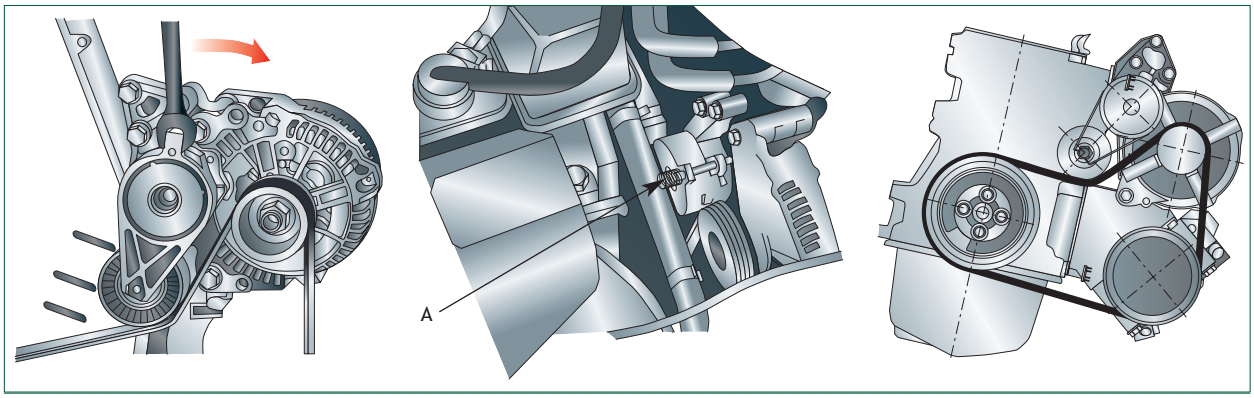
Solución •• Para realizar el desmontaje de la pieza se siguen los siguientes pasos:

- Se marca con rotulador el sentido de giro de la correa poly-V antes de desmontarla. Ten en cuenta que una correa ya usada puede romperse si se la hace funcionar en sentido inverso.
- Se gira el dispositivo tensor de la correa poly-V en la dirección de la flecha para relajar la correa.
- Se inmovilizan el dispositivo tensor de la correa poly-V con el mandril de enclavamiento (A) y se retira la correa poly-V.

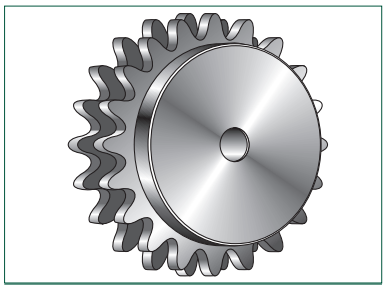
El montaje se efectúa en orden inverso, teniendo en cuenta que antes de montar la correa poly-V debe observarse que estén montados fijamente todos los grupos mecánicos (alternador, compresor, bomba, etc.).

Se coloca la correa poly-V sobre las poleas del cigüeñal, el compresor del climatizador, polea del alternador, etc. y se descarga el dispositivo tensor.

Se comprueba la correcta posición, se arranca el motor y se controla el recorrido de la correa.



3.17. Desmontaje y montaje de una polea poly-V.



3.18. Piñón dentado para cadena.

2.4 > Cadenas

El mecanismo por cadena está formado por dos o más piñones o coronas, montados sobre ejes paralelos, unidos entre sí por una cadena con eslabones. La transmisión de movimiento se realiza por el empuje generado entre los dientes de los piñones y los eslabones de la cadena.

Este sistema permite realizar mayores esfuerzos que el mecanismo por poleas y correa. Las principales desventajas son el aumento del ruido y la necesidad de lubricación y limpieza.

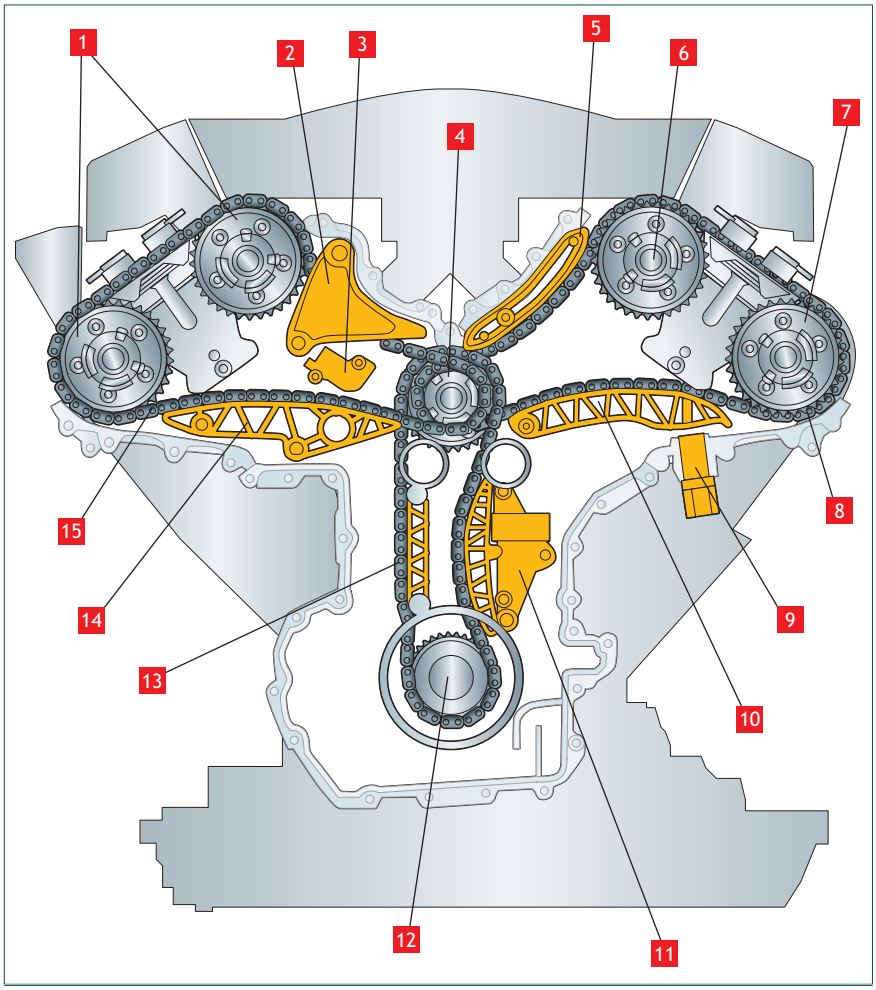
Al igual que el mecanismo por correas y poleas, la transmisión por cadena necesita de un sistema tensor que posibilite su ajuste automáticamente. Este dispositivo suele ser elástico, permitiendo ciertas variaciones de longitud de la cadena.

La relación de transmisión para piñones o coronas unidos por cadenas es la siguiente:

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\varnothing_2}{\varnothing_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Siendo:

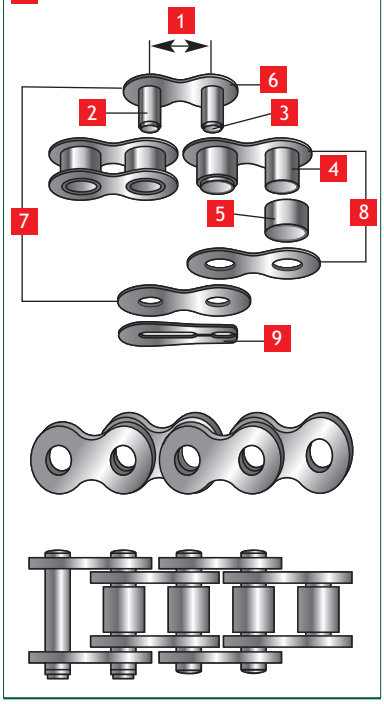
R_t: relación de transmisión.
Z_2: número de dientes del piñón conducido.
Z_1: número de dientes del piñón conductor.
$\varnothing_2$: diámetro del piñón conducido.
$\varnothing_1$: diámetro del piñón conductor.
r_2: radio del piñón conducido.
r_1: radio del piñón conductor.
N_1: rpm del piñón conductor.
N_2: rpm por minuto del piñón conducido.



3.20. Distribución de un motor en W por cadena.

1. Variador de distribución
2. Carril de tensado
3. Tensor de cadena
4. Árbol intermediario central
5. Carril de deslizamiento
6. Árbol de levas de admisión
7. Árbol de levas de escape
8. Cadena simple (cadena de casquillos fijos), fila derecha
9. Tensor de cadena
10. Carril tensor
11. Tensor de cadena con carril de tensado
12. Rueda dentada en el cigüeñal
13. Cadena doble (cadena de rodillos)
14. Carril de deslizamiento
15. Cadena simple (cadena de casquillos fijos), fila izquierda

1. Paso
2. Eje
3. Canal
4. Manguito
5. Rodillo
6. Eslabón de unión
7. Placas exteriores
8. Placas interiores
9. Grapa de resorte



3.19. Despiece de un eslabón de una cadena.

Casos prácticos

Comparación de regímenes de transmisión

•• ¿A qué régimen se desplazará una corona de 34 dientes de una rueda trasera de una moto que es movida por un piñón de ataque de 15 dientes a 160 revoluciones por minuto? ¿Y si cambiamos la corona por una de 38 dientes?

¿Cuál será la relación en que la transmisión pueda ofrecer mayor fuerza?

Solución •• El régimen al que se desplazará la corona de 34 dientes es el siguiente:

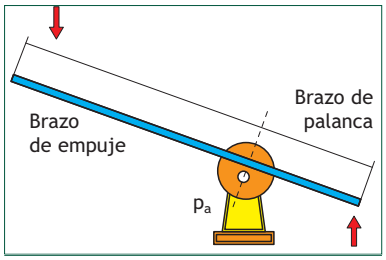
$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow N_2 = \frac{Z_1 \cdot N_1}{Z_2} = \frac{160 \cdot 15}{34} = 70{,}58 \text{ rpm}$$

En cambio, si la corona tiene 38 dientes, el régimen es:

$$N_2 = \frac{Z_1 \cdot N_1}{Z_2} = \frac{160 \cdot 15}{39} = 63{,}15 \text{ rpm}$$

Comparando la relación de transmisión de ambas coronas se puede concluir que la segunda relación de transmisión, R_{t2}, desarrolla mayor fuerza en la transmisión.

$$R_t = \frac{Z_2}{Z_1} \rightarrow R_{t1} = \frac{34}{160} = 0{,}32;\ R_{t2} = \frac{39}{160} = 0{,}24$$



3.21. Palanca.

3.22. Alicates, palanca de primer género.

2.5 › Palancas

El mecanismo de la palanca permite multiplicar o dividir la fuerza de transmisión de movimiento gracias a un *punto de apoyo* (p_a) que hace posible su giro.

En la palanca, la fuerza que se desea vencer se denomina **resistencia** y la fuerza motriz aplicada, **potencia**. Por lo que los brazos de palanca, se denominan brazo de resistencia y brazo de potencia o empuje.

En función de donde se sitúe el punto de apoyo de la palanca, esta puede ser de primer, segundo o de tercer género.

- **Palanca de primer género.** El punto de apoyo está situado entre los puntos de aplicación de la potencia y la resistencia, por ejemplo, los alicates.
- **Palanca de segundo género.** La resistencia está situada entre el punto de apoyo y la potencia, por ejemplo, el brazo de suspensión de un vehículo.
- **Palanca de tercer género.** La potencia se aplica entre el punto de apoyo y la resistencia, por ejemplo, las pinzas.

Un ejemplo de palanca se utiliza en el sistema de frenado para incrementar la fuerza aplicada al sistema de frenos. El pedal de freno es una sencilla palanca.

Casos prácticos

Cálculo de fuerza en pedal de embrague

•• Calcula la fuerza que se debe aplicar a un pedal de embrague para poder desplazar un diafragma cuya fuerza de accionamiento es de 300 N.

Solución ••

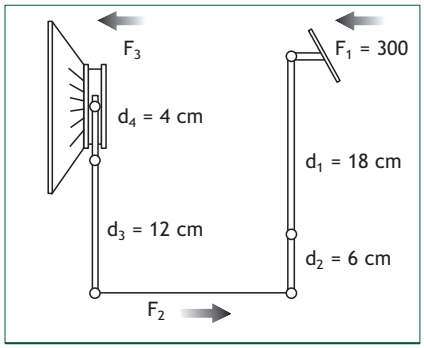
$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot d_1}{d_2} = \frac{300 \cdot 18}{6} = 900 \text{ N}$$

$$F_2 \cdot d_3 = F_3 \cdot d_4$$

$$F_3 = \frac{F_2 \cdot d_3}{d_4} = \frac{900 \cdot 12}{4} = 2\,700 \text{ N}$$

$$2\,700 \text{ N} = 270 \text{ daN}$$



3.23. Mecanismo de embrague.

2.6 › Biela-manivela

El mecanismo biela-manivela se emplea en los motores para transformar el trabajo que produce un movimiento lineal alternativo del pistón en movimiento giratorio del cigüeñal.

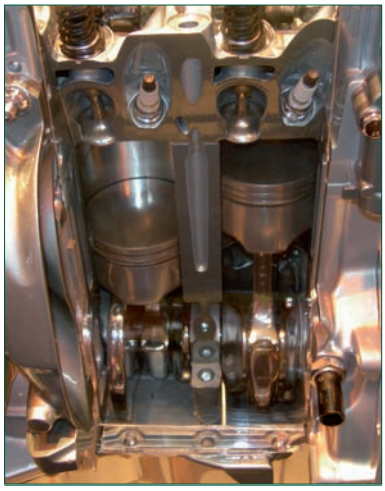
Los compresores de aire emplean el mismo mecanismo biela-manivela que el motor, pero de manera contraria, transformando el movimiento giratorio del motor eléctrico en movimiento lineal alternativo del pistón.

El sistema biela-manivela emplea una manivela o cigüeñal, que gira sobre su eje, y una biela cuya unión con la manivela o cigüeñal se realiza a través de un eje desplazado del eje del cigüeñal, pero paralelo a él.

Cuando gira el cigüeñal, debido a la desviación del eje de este con respecto al de la biela, se crea un desplazamiento de esta igual al doble de la longitud entre los dos ejes. El resultado es un movimiento lineal alternativo de la biela que permite su desplazamiento.

$$l = 2 \cdot r$$

Siendo l: longitud de desplazamiento de la biela.
r: longitud de la manivela.

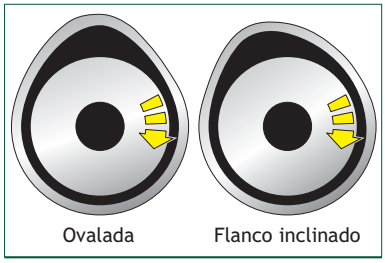


3.24. Mecanismo biela-manivela de un motor.

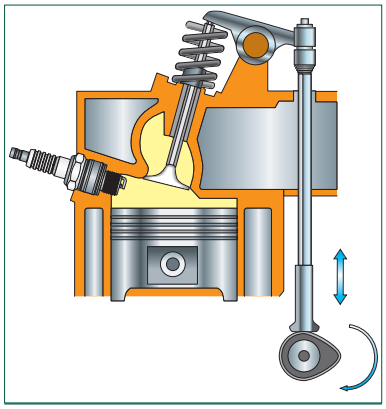
2.7 › Leva

Las levas permiten transformar un movimiento circular en movimiento lineal alternativo.

Las levas son piezas ovales o excéntricas que giran sobre su árbol y cuyo movimiento varía la longitud del radio en la zona de contacto con el mecanismo de trabajo.



3.25. Levas.



3.26. Funcionamiento de la leva en un motor.

El desplazamiento máximo longitudinal del mecanismo será el resultado de restar el radio mínimo de la leva al máximo, lo que dará como resultado el **alzado de leva**.

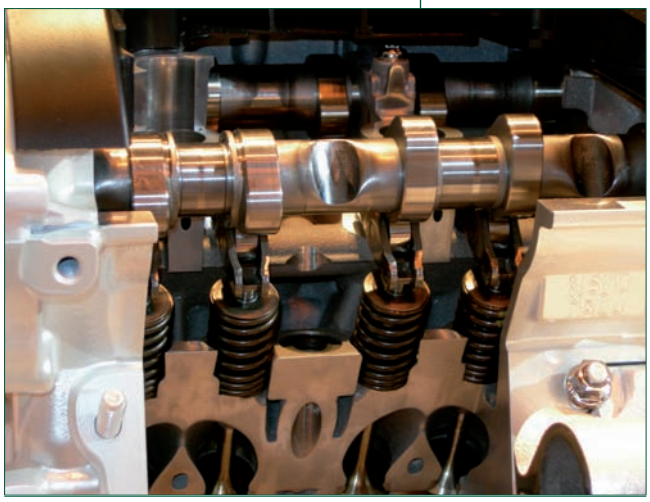
Este mecanismo es utilizado en automoción para realizar la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape en el motor.

La leva acciona una varilla empujadora o taqué, que a su vez empuja la válvula permitiendo así la entrada o salida de los gases.

El retroceso de este mecanismo se realiza con ayuda del muelle de válvula.

Vocabulario

Paso de tornillo: distancia que avanza un tornillo roscado al girarlo una vuelta completa de 360°.



3.27. Mecanismo de leva en un árbol de levas.

3.28. Junta elástica.

2.8 > Tornillo y tuerca

El mecanismo tornillo y tuerca basa su funcionamiento en el movimiento longitudinal que se produce al girar un tornillo sobre una tuerca. Permite transformar un movimiento de rotación en movimiento rectilíneo.

El tornillo se caracteriza por el número de entradas (e) y por el paso de la rosca (p).

Por ejemplo, un tornillo de 1,5 mm de paso y una entrada, al girar una vuelta completa sobre una tuerca produce un avance de esta de 1,5 mm. Sin embargo, en un tornillo con el mismo paso y dos entradas, avanza la tuerca en el mismo tiempo 3 mm.

El avance (a) del tornillo será igual a:

$$a = p \cdot e$$

El avance del tornillo con una sola entrada es igual al paso.

2.9 > Árboles o ejes de transmisión

Los árboles de transmisión se emplean para transmitir el movimiento entre dos ejes o conjuntos mecánicos. La relación de transmisión de este mecanismo es 1/1.

Los árboles pueden ser rígidos o articulados:

- Los ejes rígidos se emplean para transmitir el movimiento entre dos piezas fijas. El eje no permite articulaciones y se montan dentro de conjuntos mecánicos, como cajas de cambios, puentes traseros rígidos, etc.
- Los árboles articulados y extensibles se emplean para transmitir giros entre mecanismos que se pueden desplazar. Por ejemplo, el cambio y el puente trasero, donde el árbol de transmisión empleado permite alargarse y encogerse.
- Los acoplamientos entre dos árboles y entre un árbol y los conjuntos mecánicos acoplados se realizan con juntas elásticas, juntas cardán y juntas homocinéticas.

Actividades finales

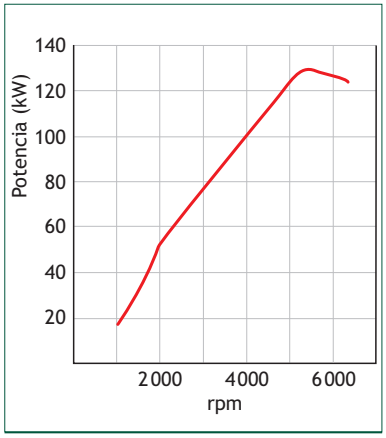
1·· Calcula el par de un motor de potencia de freno 66 kW a 1 900 rpm.

2·· Calcula el espacio recorrido por un ciclomotor que se desplaza a una velocidad de 64 km/h durante un tiempo de 1 hora y 5 minutos.

3·· Halla la velocidad angular de una polea sabiendo que el diámetro exterior mide 8 cm y gira a una velocidad de 1 200 rpm.

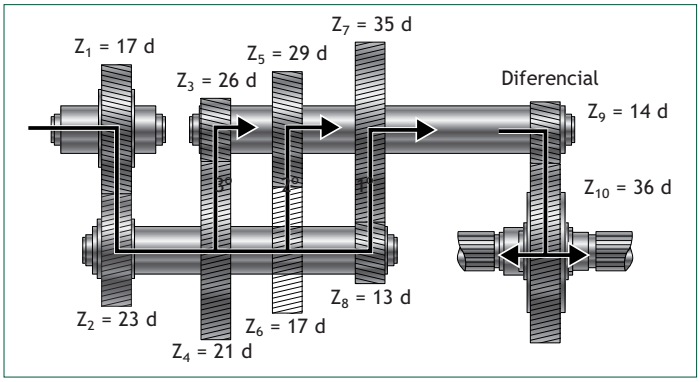
4·· Una rueda gira con una velocidad angular de 24 rpm. ¿Cuántas vueltas dará en 15 segundos?

5·· Calcula el par en Nm que ofrece a los diferentes regímenes este motor 1.8 turbo. Dibuja la curva de potencia dentro de una gráfica como la figura 3.29.

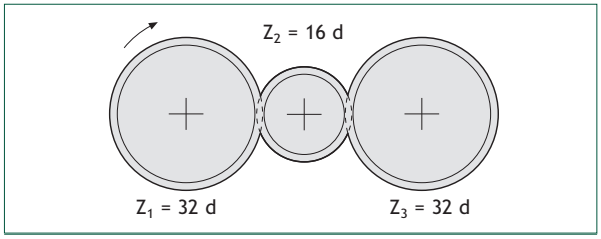


3.29. Gráfica de curva de par y potencia.

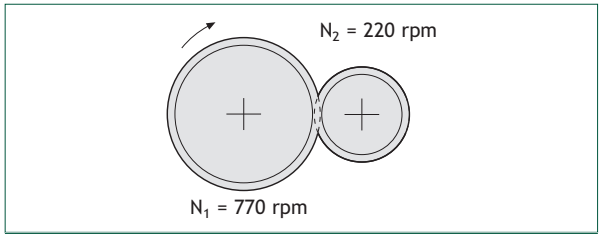
6·· Calcula la relación de transmisión a la salida del diferencial en primera, segunda y tercera velocidad.



7·· Calcula el diámetro primitivo de una rueda dentada de 24 dientes con un módulo de 1,5.



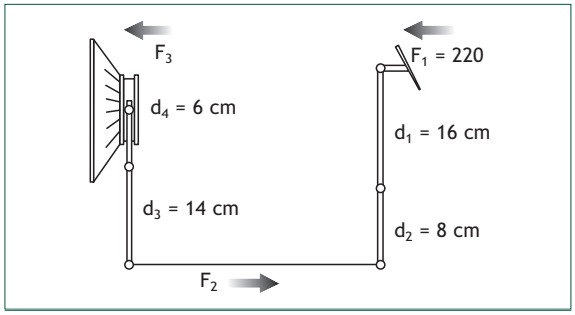
3.30. Tren de engranajes.



3.31. Ruedas dentadas.

8·· Calcula la relación de transmisión de este tren de engranajes y entre estas dos ruedas dentadas.

9·· Calcula la fuerza que se le aplica al diafragma del embrague si se realiza una fuerza en el pedal de accionamiento de 220 N.



3.32. Esquema de embrague accionado por palancas y cable.

Caso final

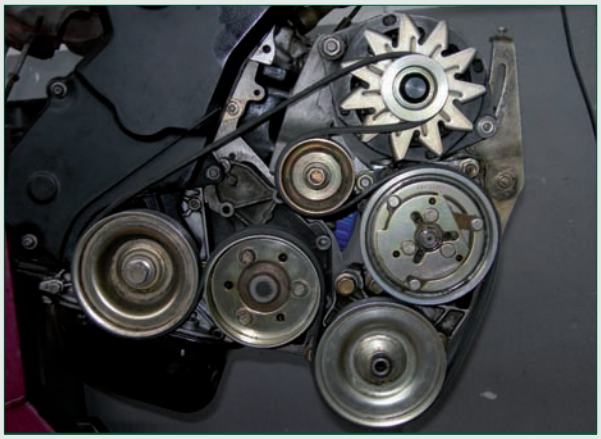
Cálculo del desarrollo de las poleas

•• En un motor las poleas y la correa de los accesorios son del tipo poly-V. La correa se encarga de mover:

- La polea de la bomba del circuito de refrigeración.
- La polea de la bomba de la dirección asistida.
- La polea del compresor del aire acondicionado.
- La polea del alternador.

El sistema dispone de un tensor que mantiene la correa con la tensión correcta, evitando posibles patinamientos y que la correa se salga.

a) ¿A qué velocidad, en revoluciones por minuto, giran los ejes de cada una de las poleas cuando el motor está girando a 900 rpm? ¿Y cuando gira a 4 500 rpm?
b) ¿Qué debes hacer para disminuir el número de revoluciones del alternador?



3.33. Sistema de poleas de accesorios.

3.34. Desmontaje de la correa.

Solución •• Primero se realiza la medida de los diámetros de las poleas poly-V con un calibre.

3.35. Sistema de poleas de accesorios.

3.36. Polea del aire acondicionado.

Las medidas de las poleas son:

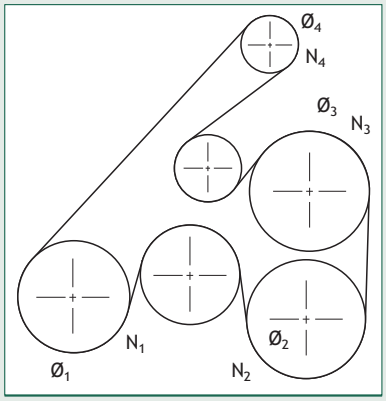
- Diámetro de la polea del cigüeñal: N_1 = 122 mm
- Diámetro de la polea de la bomba de la dirección asistida: N_2 = 125,5 mm
- Diámetro de la polea del compresor del aire: N_3 = 129 mm
- Diámetro de la polea del alternador: N_4 = 55 mm

3.37. Polea de la dirección asistida.

3.38. Polea del cigüeñal.

a) Para resolver el caso práctico debes calcular las revoluciones por minuto (rpm) cuando el motor gira a 900 y a 4 500 rpm, de:

- La polea de la dirección asistida, N_2.
- La polea del compresor del aire, N_3.
- La polea del alternador, N_4.



3.39. Esquema de las poleas y la correa.

Partiendo de la fórmula para la relación de transmisión:

$$R_t = \frac{Ø_2}{Ø_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow Ø_2 \cdot N_2 = Ø_1 \cdot N_1$$

y calculando N_2 para 900 y 4 500 rpm resulta:

$$N_2 = \frac{Ø_1 \cdot N_1}{Ø_2} = \frac{122 \text{ mm} \cdot 900 \text{ rpm}}{125 \text{ mm}} = 874{,}4 \text{ rpm}$$

$$N_2' = \frac{Ø_1 \cdot N_1'}{Ø_2} = \frac{122 \text{ mm} \cdot 4\,500 \text{ pm}}{125 \text{ mm}} = 4\,392 \text{ rpm}$$

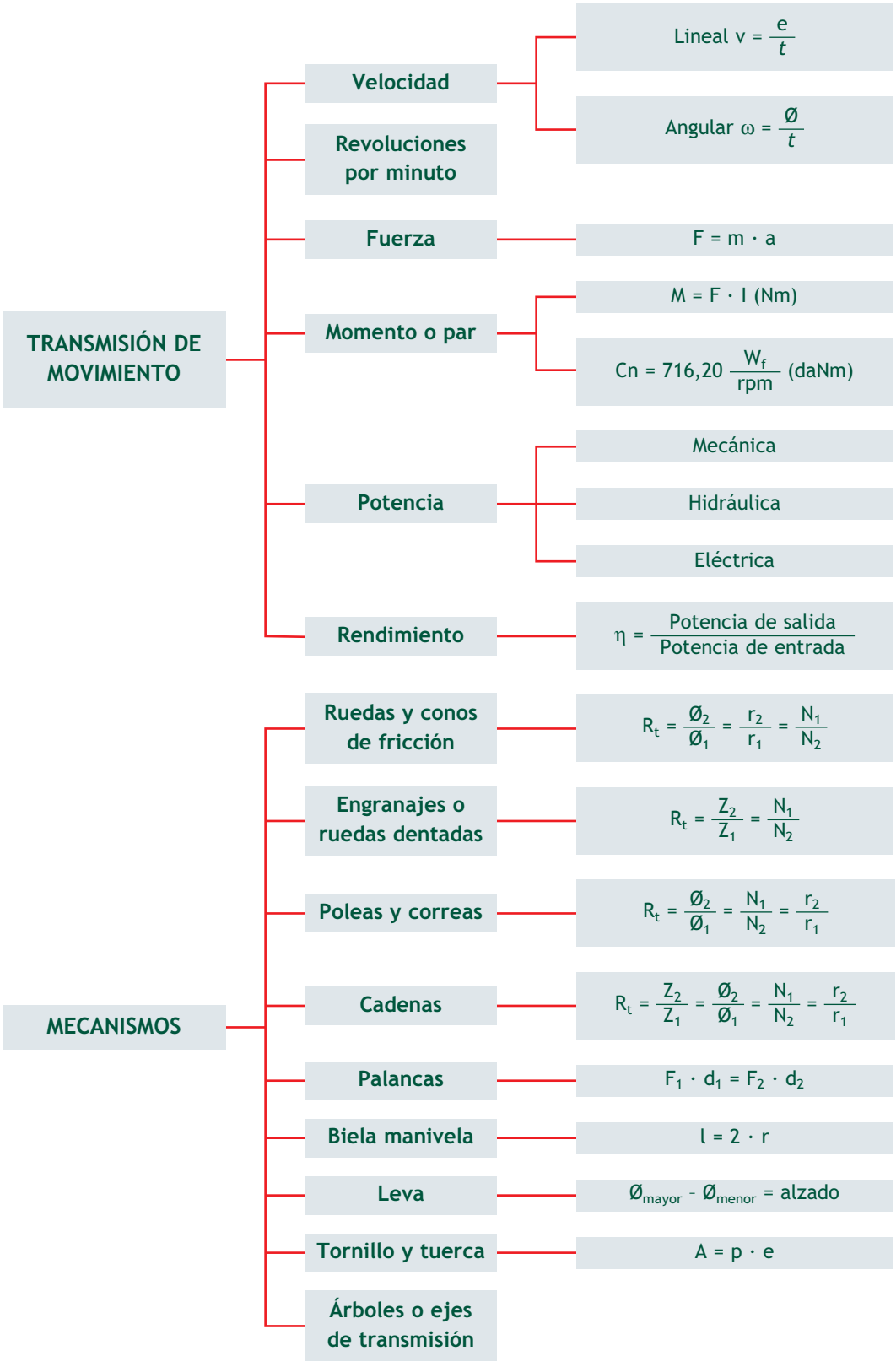
Del mismo modo, se calcula N_3 y N_4:

N_3 = 851,1 rpm $\quad$ N_3' = 4 255 rpm
N_4 = 1 996,3 rpm $\quad$ N_4' = 9 981 rpm

b) Para disminuir el número de revoluciones del alternador debes sustituir la polea de 55 mm por otra polea de mayor diámetro, por ejemplo, una de 100 mm. Los resultados en este caso son los siguientes:

$$N_4 = \frac{Ø_1 \cdot N_1}{Ø_2} = \frac{122 \text{ mm} \cdot 900 \text{ rpm}}{100 \text{ mm}} = 1\,098 \text{ rpm}; \; N_4' = \frac{Ø_1 \cdot N_1'}{Ø_2'} = \frac{122 \text{ mm} \cdot 4\,500 \text{ rpm}}{100 \text{ mm}} = 5\,490 \text{ rpm}$$

Ideas clave

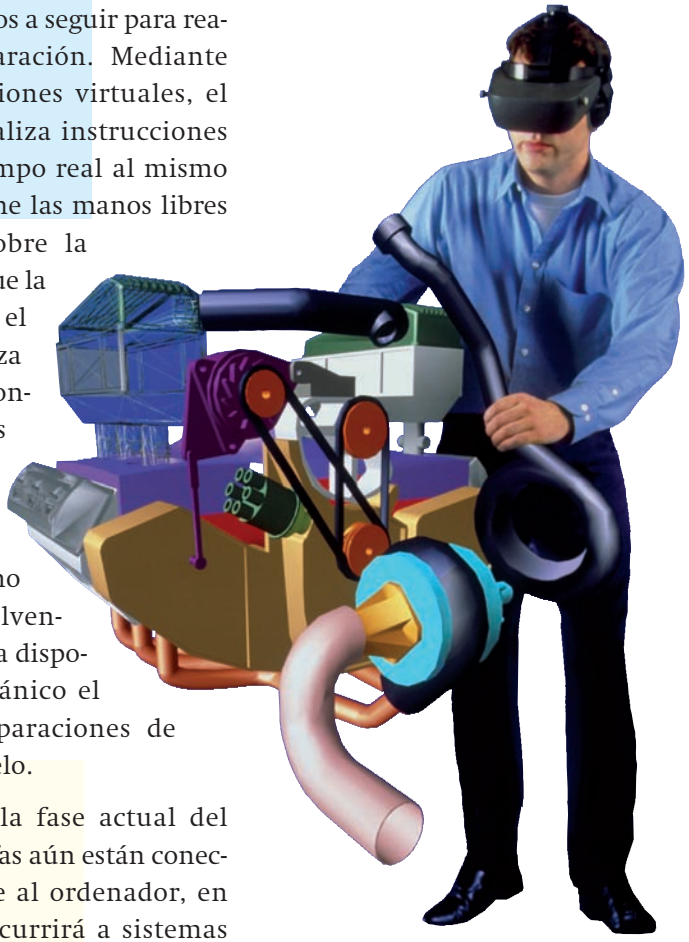

TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO
Velocidad
Lineal v = e/t
Angular ω = Ø/t
Revoluciones por minuto
Fuerza
F = m · a
Momento o par
M = F · l (Nm)
Cn = 716,20 Wf/rpm (daNm)
Potencia
Mecánica
Hidráulica
Eléctrica
Rendimiento
η = Potencia de salida / Potencia de entrada
MECANISMOS
Ruedas y conos de fricción
Rt = Ø2/Ø1 = r2/r1 = N1/N2
Engranajes o ruedas dentadas
Rt = Z2/Z1 = N1/N2
Poleas y correas
Rt = Ø2/Ø1 = N1/N2 = r2/r1
Cadenas
Rt = Z2/Z1 = Ø2/Ø1 = N1/N2 = r2/r1
Palancas
F1 · d1 = F2 · d2
Biela manivela
l = 2 · r
Leva
Ømayor - Ømenor = alzado
Tornillo y tuerca
A = p · e
Árboles o ejes de transmisión

AUGMENTED REALITY

Para trabajar en la reparación de un vehículo, desmontar, reparar y volver a montar una pieza o componente dañado, el mecánico actual necesita conocer toda la información técnica que el fabricante proporciona: dónde se encuentra la pieza montada, los tornillos que dispone, las juntas que monta, las holguras de montaje, pares de apriete, etc. Toda esta información se encuentra recopilada en manuales de reparación, en formato CD, DVD o programas de ordenador.

En el futuro se aplicarán programas de realidad virtual similar al **Augmented Reality** o Realidad Aumentada. Se trata de un nuevo sistema en proceso de desarrollo que BMW podría utilizar en menos de diez años en sus servicios oficiales para facilitar la reparación de los vehículos.

A través de unas gafas especiales de visualización de datos, con una pequeña pantalla situada delante del ojo, el mecánico recibe informaciones en imágenes tridimensionales de los pasos a seguir para realizar una reparación. Mediante dichas animaciones virtuales, el mecánico visualiza instrucciones precisas en tiempo real al mismo tiempo que tiene las manos libres para actuar sobre la mecánica, porque la interacción con el sistema se realiza mediante un control de órdenes por voz. Augmented Reality no reconoce los fallos, sino que ayuda a solventarlos al poner a disposición del mecánico el manual de reparaciones de cualquier modelo.



Aunque en la fase actual del proyecto las gafas aún están conectadas por cable al ordenador, en el futuro se recurrirá a sistemas inalámbricos.

Actividades

1·· Investiga a través de Internet o preguntando en talleres y servicios oficiales, qué tipo de material de taller utilizan ellos para conocer las informaciones técnicas de reparación, despieces, análisis de los sistemas electrónicos, etc.

Haz una relación de todos ellos y di tu opinión sobre cuál es el sistema de información más práctico.

2·· ¿Qué podría beneficiar el sistema visto en el artículo de la revista de electromecánica *Augmented Reality* en las reparaciones que se realizan en el taller?

3·· ¿Conoces algún sistema parecido que se use en la actualidad? ¿y en el mundo de los videojuegos?

unidad 4

Magnitudes y leyes de los circuitos de fluidos

SUMARIO

- Fluidos y propiedades
- Leyes aplicadas a los circuitos
- Magnitudes de medida en circuitos
- Sistemas de unión y medida

OBJETIVOS

- Conocer las propiedades de los fluidos que se emplean en los vehículos.
- Estudiar las magnitudes y los útiles relacionados con los fluidos.
- Estudiar las leyes que se aplican en los gases sometidos a presión.
- Conocer las diferencias de los circuitos hidráulicos y neumáticos.
- Estudiar las roscas, racores y simbología empleados en los circuitos de fluidos.

1 >> Fluidos empleados en los vehículos

Los fluidos son sustancias que se adaptan a la forma del recipiente que los contiene y que se pueden trasvasar por canalizaciones.

En los vehículos se emplean fluidos de distinta naturaleza y propiedades. En general los fluidos se clasifican en dos grupos en función de la parte de la Física que los estudia: líquidos y gases.

	Clasificación de los fluidos	
	Líquidos	Gases
Parte de la Física que los estudia	Hidráulica	Neumática
Más usados en los circuitos de los vehículos	- Aceite - Gasoil - Biodiésel - Alcohol - Líquido de refrigeración - Líquido de frenos	- Aire - Nitrógeno - Freón R-134A

Cada nuevo modelo de vehículo diseñado o comercializado dispone de más circuitos hidráulicos y neumáticos que el anterior.

Los circuitos hidráulicos y neumáticos permiten transmitir y multiplicar las fuerzas aplicadas por el conductor, el motor, la bomba o un compresor.

El principal circuito neumático de un vehículo es su motor. El motor es un complejo circuito con **válvulas de admisión** que permiten la entrada del gas al cilindro. En el interior del cilindro el gas se comprime en la combustión y se expande empujando el pistón para formar la fase de trabajo. Finalmente los gases quemados son expulsados al exterior por las **válvulas de escape**.

Los vehículos industriales emplean circuitos neumáticos de aire para los frenos, la suspensión, accionamientos, etc. Por ejemplo, las ruedas son circuitos neumáticos muy sencillos (figura 4.1).

Los circuitos hidráulicos en los vehículos desempeñan distintas funciones:

– En el motor se utilizan para la lubricación, la refrigeración y la alimentación del combustible.
– En las cajas de cambios automáticas, sirven para lubricar y controlar el accionamiento de frenos y embragues.
– En el sistema de frenos se utilizan para transmitir las presiones desde la bomba hasta las pinzas.

Los circuitos hidráulicos tienen gran importancia en los vehículos agrícolas e industriales. La elevación de los aperos, el accionamiento de la pala cargadora, las grúas y la mayoría de mecanismos disponen de circuitos hidráulicos para su funcionamiento.

4.1. Rueda.

Composición del aire

El aire es una mezcla de distintos gases con una composición aproximada de:

- 78% de nitrógeno.
- 21% de oxígeno.
- Dióxido de carbono, argón, vapor de agua, etc.

Nitrógeno en las ruedas

Algunos vehículos de alta gama emplean nitrógeno para inflar los neumáticos.

4.2. Pala cargadora que dispone de un motor que mueve la bomba hidráulica que alimenta los circuitos hidráulicos de la máquina.

2 >> Propiedades de los líquidos y gases

Los líquidos y gases tienen propiedades comunes que los definen y los diferencian. La principal diferencia entre líquidos y gases es que los segundos tienen la **posibilidad de comprimirse**; los líquidos, en cambio, son prácticamente incompresibles.

Como consecuencia, los líquidos ocupan un volumen definido mientras que los gases se expanden hasta ocupar todo el volumen del recipiente que los contenga.

Otras propiedades que caracterizan a los fluidos son la densidad, la viscosidad y la capilaridad.

2.1 > Densidad

La densidad de un fluido es el resultado de dividir su masa entre el volumen que ocupa.

Normalmente la densidad de los líquidos se mide en kg/m^3 o en kg/l.

$$d = \frac{M}{V}$$

siendo d: densidad
M: masa
V: volumen

Para medir la densidad de los líquidos se utiliza el densímetro, que proporciona una lectura directa de la densidad del líquido (figura 4.3). Por ejemplo, la densidad del electrolito de la batería indica su estado de carga.

2.2 > Viscosidad

La viscosidad es la medida de la resistencia al desplazamiento de un fluido a una determinada temperatura. Cuanto mayor es la viscosidad, mayor es dicha resistencia.

La viscosidad viene determinada por la fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes. La viscosidad varía en función de la temperatura, por ello es necesario referenciar la viscosidad con la temperatura a la que se encuentra el fluido.

La viscosidad es una de las magnitudes más importantes a la hora de escoger el tipo de aceite que se emplea en el circuito. Los aceites hidráulicos disminuyen su viscosidad y, por tanto, su resistencia al desplazamiento al aumentar su temperatura.

La viscosidad de los líquidos se mide con un **viscosímetro.** El viscosímetro es un recipiente de una capacidad conocida que tiene un orificio calibrado en el fondo. La velocidad con la que el fluido sale por el orificio y el tiempo que tarda en descargarse determina su viscosidad.

Para medir la viscosidad de los aceites se emplean muchas especificaciones y normas homologadas, como SAE, DIN, ISO, etc. La más conocida y empleada como referencia por los fabricantes y profesionales son las normas establecidas por la Sociedad de Ingenieros de Automóviles de Estados Unidos, SAE (SAE10, SAE20, SAE90, etc.).

Estados del agua, aceite y agente frigorífico

El agua es una sustancia que se puede encontrar en tres estados: sólido, líquido o gas, dependiendo de la temperatura y de la presión en que se encuentre. El aceite cambia de estado líquido a gas a 400 °C aproximadamente, y el agente frigorífico empleado en los climatizadores R-134A a -26,5 °C.

4.3. Densímetro.

Densidad de algunas sustancias	
Sustancia	Densidad (kg/m^3)
Aire	1,28
Petróleo	800
Gasolina	750
Agua	1 000
Aluminio	2 700
Hierro	7 860
Plomo	11 340
Mercurio	13 500
Oro	19 300

La viscosidad de un aceite con estas normas se clasifica con las siglas SAE seguidas por un número, 0, 10, 20, 30, 40, hasta el 250 y la letra W.

La letra W indica el comportamiento del aceite con tiempo frío a -18 °C.

Por ejemplo: SAE 0 W, SAE 40 W.

Grado de la viscosidad SAE		
Grados SAE	Temperatura mínima de utilización	Viscosidad a 100 ºC
0 W	-30 ºC	
5 W	-25 ºC	
10 W	-20 ºC	
15 W	-15 ºC	
20 W	-10 ºC	
25 W	-5 ºC	
20		Fluido
30		Semifluido
40		Semifluido
50		Denso

El aceite con mayor grado SAE indica que es más viscoso que el del número anterior, pero no indica que sea de mejor calidad.

4.4. Copa DIN4.

2.3 > Capilaridad

La capilaridad es la propiedad que tienen los líquidos de poder ascender o descender en un tubo capilar o en un medio poroso.

Los líquidos ascienden en tubos que mojan y descienden en tubos a los que no mojan. La capilaridad es importante en canalizaciones con un diámetro inferior a 10 mm.

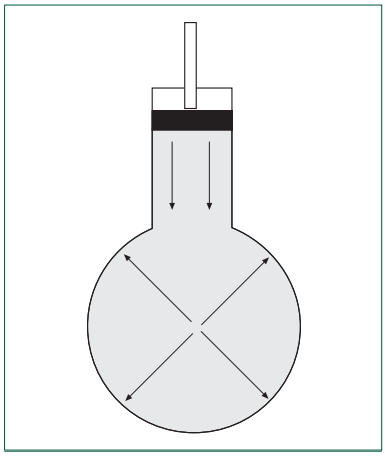
Actividades propuestas

1·· Calcula la densidad de un líquido que tiene una masa de 1,2 kg y ocupa un volumen de 0,5 litros.

2·· Pasa 4,8 kg/l a kg/m^3, sabiendo que 1 m^3 equivale a 1 000 litros.

3·· Compara la densidad del agua con las densidades de la tabla de la página anterior y señala entre qué dos sustancias se encuentra.

4·· ¿Qué aceite es más apropiado emplear en un circuito de trabajo a bajas temperaturas para mantener constante su viscosidad y el SAE 0 o SAE 0 W? Razona la respuesta.



4.5. Transmisión de la presión en todas las direcciones.

3 >> La presión en los fluidos

La principal magnitud que interviene en los circuitos hidráulicos y neumáticos es la presión a la que se encuentra el fluido y, en consecuencia, la presión del circuito o de cualquier componente que forme parte de él. Esta magnitud también condiciona el resto de magnitudes.

3.1 > Definición de presión

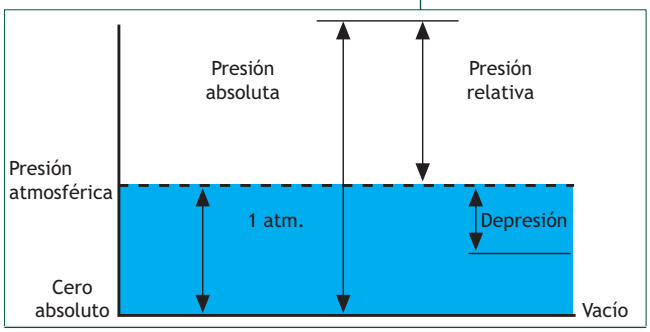
La presión es el resultado de dividir la fuerza aplicada entre la superficie donde se aplica la fuerza.

La fórmula para calcular la presión es:

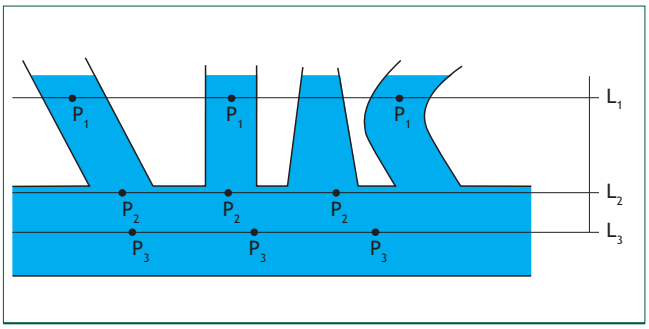
$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}}$$

La unidad en el sistema internacional es el pascal (Pa), que equivale a 1 N / m^2.

La presión que ejerce un fluido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones (figura 4.5) y actúa con la misma fuerza sobre todas las superficies. También, en el mismo plano horizontal, el valor de la presión en un líquido es igual en todos los puntos (figura 4.7).



4.6. Gráfica de presiones.



4.7. Presión en un plano horizontal.

Presión atmosférica en función de la altura

Altura (m sobre el nivel del mar)	Presión atmosférica (mbar)
0	1 013
500	955
1 000	899
2 000	795
5 000	540
8 000	356

3.2 > Presión absoluta y relativa

La superficie de la Tierra se encuentra sometida a la presión atmosférica. La presión atmosférica no es igual en todos los puntos de la corteza terrestre: a medida que se aumenta en altitud, la presión desciende.

La presión a nivel del mar equivale aproximadamente a 1,013 bar equivalentes a 1013 mbar.

En neumática, el cero absoluto de presión se conoce como **vacío**. Referido a los circuitos, se considera depresión o vacío a las presiones inferiores a la presión atmosférica.

La presión relativa es la presión medida con respecto a la presión atmosférica, y la presión absoluta es la presión sobre el cero absoluto.

Es muy importante tener en cuenta que los manómetros miden la presión relativa que existe en el circuito. Por ejemplo, en un circuito neumático el manómetro indica 1 bar de presión y refleja la presión relativa de 1 bar sobre la presión atmosférica.

3.3 > Unidades de presión

La unidad de medida de la presión en el sistema internacional de medidas es el pascal (Pa). Un pascal es la presión que realiza la fuerza de un newton aplicada en la superficie de un metro cuadrado.

El pascal es una unidad muy pequeña y poco empleada. El múltiplo del pascal más empleado es el bar y el megapascal (MPa).

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\text{newton}}{\text{metro}^2} = \text{pascal}$$

0,1 MPa = 1 bar
1 bar = 100 000 Pa
1 mbar = 100 Pa

En el sistema inglés de medidas, la unidad para medir las presiones es la libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi). Un bar equivale a 0,068 psi.

3.4 > Útiles de medida

El útil para medir la presión en los circuitos hidráulicos y neumáticos es el manómetro. Los manómetros disponen de tomas y escalas adecuadas para realizar las medidas de la presión.

Las tomas de presión más empleadas son las roscadas y con enchufe rápido. Existen manómetros con distintas escalas, dependiendo de la apreciación del manómetro y de lo alta que sea la presión que se va a medir.

En los circuitos hidráulicos se emplean manómetros de altas presiones, capaces de medir presiones de 150 a 200 bar. En los circuitos de frenos, por ejemplo, la presión que debe medir el manómetro alcanza los 100 bar. En cambio, para medir la presión en los circuitos de alimentación de combustible antes de llegar a la bomba de alta se emplean manómetros con escala de 0 a 20 bar. En neumática, los manómetros más empleados son los de baja presión (0 a 20 bar) ya que la mayoría de circuitos trabajan en ese rango de presiones. Los manómetros de alta presión (100 a 300 bar) se emplean, por ejemplo, para medir la presión de las botellas de gases de los equipos de soldadura.

La unidad de medida más empleada en los manómetros es el bar. En muchos modelos aparecen dos escalas, una en bares y otra en kg/cm^2 (bar y psi).

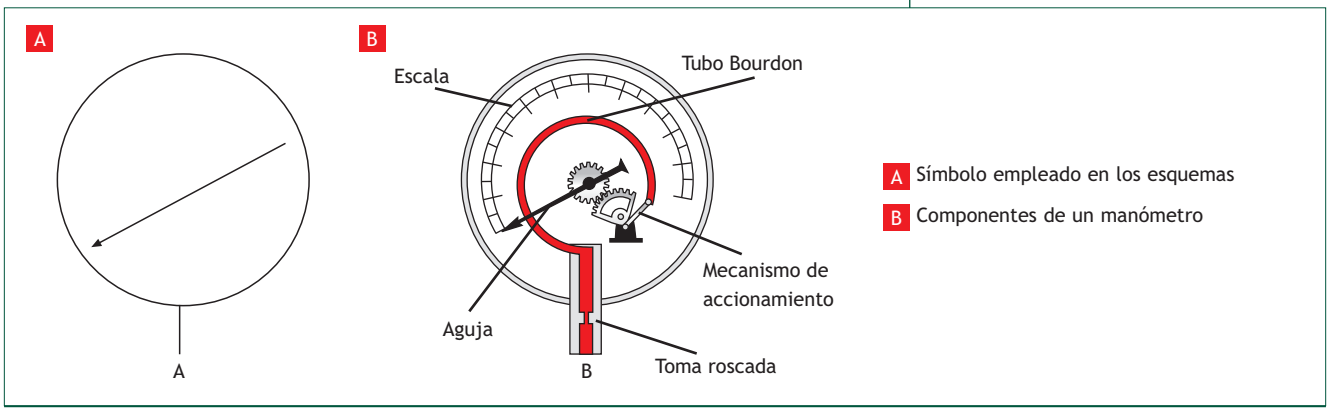
kgf/cm^2

El kgf/cm^2 es una unidad de medida del sistema técnico de medidas, muy empleada en los talleres y manuales de reparación. Equivale aproximadamente a 1 bar. Actualmente se emplea cada vez menos y es muy importante adaptarse al sistema internacional, que emplea el pascal, megapascal y el bar.

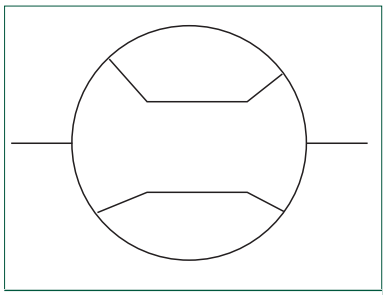
Roscas en los manómetros

Los manómetros en su rosca de unión emplean rosca gas cónica.

4.8. Manómetro con rosca.



4.9. Componentes de un manómetro.

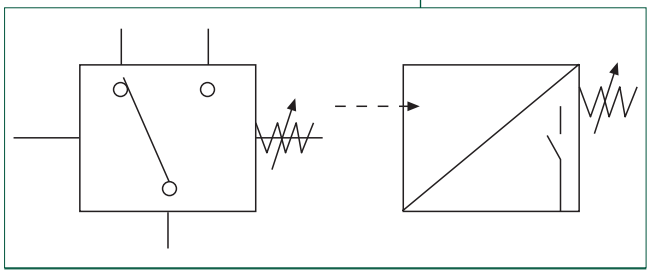


4.10. Símbolo del caudalímetro.

El útil para medir el caudal que circula por un conducto es el **caudalímetro.** Este se conoce también con el nombre de contador. Son muy conocidos los empleados en los surtidores de combustible.

Los caudalímetros emplean dispositivos que miden el paso del fluido. El más empleado es una pequeña turbina. El giro de la turbina se transforma en una señal eléctrica que, debidamente procesada, se transforma en un valor del caudal.

El presostato es un componente transformador de la presión en señal eléctrica. Este se coloca en los circuitos para activar y desactivar el funcionamiento de un motor eléctrico o hidráulico.



4.11. Símbolos del presostato.

En los compresores accionados con un motor eléctrico el presostato se regula a una presión máxima (corte 8 a 10 bar) y puesta en marcha (presión mínima 6 a 7 bar). Al llegar a la presión de 8 bar, el presostato transforma la presión en una señal eléctrica que para el motor eléctrico. A medida que el aire se consume, el motor se pone en marcha nuevamente al descender la presión a 6 bar.

Casos prácticos

Comprobación y ajuste de la presión de un neumático

•• Tanto los talleres como los fabricantes y distribuidores de los vehículos recomiendan verificar la presión de aire de los neumáticos como mínimo una o dos veces al mes y sobre todo cuando existan cambios bruscos de temperatura.

Realiza la comprobación y ajuste de los neumáticos de un coche del taller.

Solución •• En primer lugar, comprueba que el manómetro que vas a utilizar mide correctamente. Después, retira el tapón de la válvula (figura 4.12) y enchufa el manómetro para leer la presión a que se encuentra el neumático. Finalmente ajusta a la presión recomendada por el fabricante (figura 4.13) añadiendo o disminuyendo aire presionando el gatillo del manómetro.

4.12. Extracción del tapón de la válvula.

4.13. Ajuste de la presión de la rueda.

4 >> Leyes de los gases

Los gases son fluidos sin forma definida que ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene. Además se comprimen o dilatan con el aumento de su temperatura.

4.1 > Ley de Boyle-Mariotte

La **ley de Boyle-Mariotte**, formulada por Robert Boyle y Edme Mariotte, es una de las leyes que estudia el comportamiento de los gases ideales relacionando el volumen y la presión de una cierta cantidad de gas manteniendo la temperatura constante.

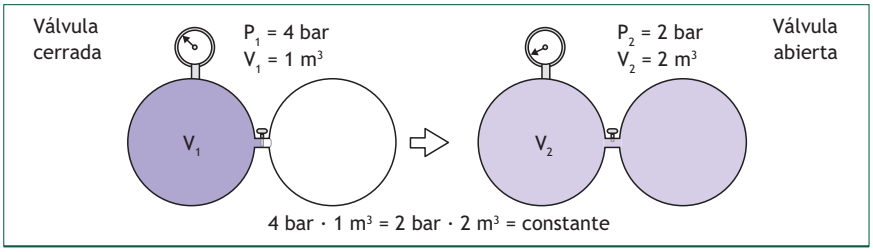
La ley de Boyle-Mariotte dice que el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión a la que se encuentra sometido.

$$P \cdot V = k$$

k es una constante si la temperatura y la masa del gas permanecen constantes.

Cuando aumenta la presión, el volumen disminuye, mientras que si la presión disminuye, el volumen aumenta. Si consideramos las dos situaciones de la figura 4.14, manteniendo constante la cantidad de gas y la temperatura, deberá cumplirse la relación:

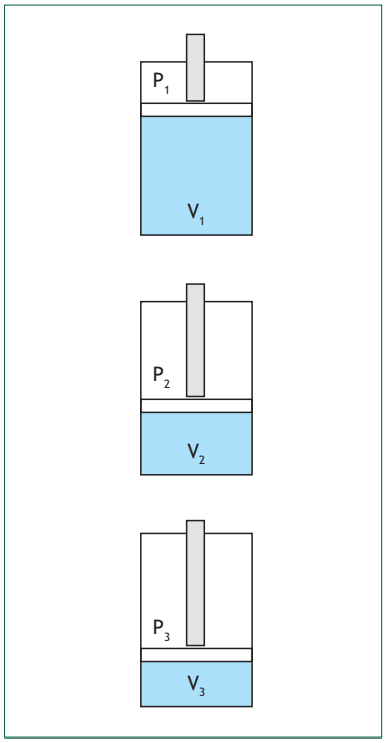
$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$



4.14. Ejemplo de la Ley de Boyle-Mariotte.

Magnitudes de los gases

Todo gas se encuentra sometido a tres magnitudes que se relacionan entre sí: la presión, la temperatura y el volumen.



4.15. P · V = k.

Casos prácticos

Aplicación de la ley de Boyle-Mariotte

•• Un gas ocupa un volumen de 100 cm^3 a una presión de 1 bar y a temperatura constante.

a) Calcula la presión del gas si se comprime reduciendo el volumen ocupado a 50 cm^3.

b) Calcula el volumen si la presión final V_3 aumenta a 5 bar.

Solución •• Aplicando la ley de Boyle-Mariotte los cálculos son los siguientes:

a) $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2}$$

$P_2 = 1 \text{ bar} \cdot 100 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^3 = 2 \text{ bar}$

b) $P_1 \cdot V_1 = P_3 \cdot V_3$

$$V_3 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_3}$$

$V_3 = 1 \text{ bar} \cdot 100 \text{ cm}^3 / 5 \text{ bar} = 20 \text{ cm}^3$

4.2 > Ley de Gay-Lussac

La ley de Gay-Lussac relaciona el volumen y la temperatura de un gas ideal mantenido a una presión constante.

La ley de Gay-Lussac dice que el volumen y la temperatura son directamente proporcionales, esto es, que al aumentar la temperatura y mantener la presión constante, el volumen del gas aumenta y, al disminuir la temperatura, el volumen del gas disminuye.

$$\frac{V}{T} = k$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

siendo V: volumen
T: temperatura
k: constante de proporcionalidad

Al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad de las moléculas del gas y con ella el número de choques contra las paredes del recipiente, es decir, aumenta la presión ya que el recipiente es de paredes fijas y su volumen no cambia.

Todos los gases tienen el mismo coeficiente de dilatación, 1/273, lo que equivale a que por cada grado centígrado que se aumente la temperatura de un gas a presión constante, su volumen aumenta en 1/273.

Se expresa por la fórmula:

$$V_f = V_i \cdot \left(1 + \frac{T}{273}\right)$$

Siendo V_f: volumen final del gas.
V_i: volumen inicial del gas
T: diferencia entre la temperatura final y la inicial

Casos prácticos

Aplicación de la ley de Gay-Lussac

•• Un depósito contiene 10 m^3 de aire a una temperatura de 25 °C.

a) ¿Qué volumen ocupa si aumentamos la temperatura a 50 °C manteniendo constante la presión?
b) ¿Qué volumen ocupa si disminuimos la temperatura a 0 °C manteniendo constante la presión?

Solución •• Para responder a ambas preguntas debes hacer uso de la fórmula:

$$V_f = V_i \cdot \left(1 + \frac{T}{273}\right)$$

a) $V_f = V_i \cdot \left(1 + \frac{T}{273}\right) = 10\ m^3 \cdot \left(1 + \frac{25}{273}\right) = 10{,}9\ m^3$

$T = T_f - T_i = 50 - 25 = 25\ °C$

b) $V_f = V_i \cdot \left(1 + \frac{T}{273}\right) = 10\ m^3 \cdot \left(1 - \frac{25}{273}\right) = 9{,}08\ m^3$

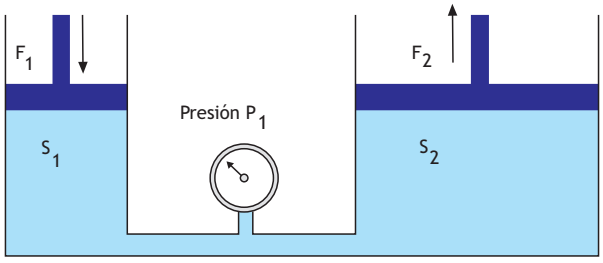
$T = T_f - T_i = 0 - 25 = -25\ °C$

5 >> Principio de Pascal

El principio de Pascal dice que el incremento de presión aplicado a una superficie de un líquido contenido en un recipiente indeformable se transmite con el mismo valor a todas las partes.

La **prensa hidráulica** (figura 4.16) emplea el principio de Pascal en su funcionamiento. La prensa dispone de dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí mediante una canalización llena de líquido.

Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. Cuando sobre el émbolo de menor sección S_1 se ejerce una fuerza F_1 la presión P_1 que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma instantánea al resto del líquido. Por el principio de Pascal esta presión será igual a la presión P_2 que ejerce el líquido sobre el émbolo de mayor sección S_2, es decir, $P_1 = P_2 = P$.



4.16. Prensa hidráulica.

Por ello, las fuerzas serán:

$$F_1 = P \cdot S_1$$
$$F_2 = P \cdot S_2$$

Por tanto, la fuerza resultante en el émbolo de mayor tamaño F_2, será igual a la fuerza ejercida sobre el émbolo de menor tamaño F_1 por la superficie del émbolo de mayor tamaño S_2 dividido entre la superficie del embolo de menor tamaño S_1. Esta fuerza F_2, será tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre las secciones.

Casos prácticos

Aplicación del principio de Pascal

•• Calcula la presión P que se genera en la prensa hidráulica de la figura 4.16 si se aplica una fuerza F_1 de 100 N y sabiendo que las superficies de los émbolos son 10 y 100 cm^2. A continuación calcula la fuerza F_2 generada por el émbolo S_2.

Solución •• Aplicando el principio de Pascal:

$$P = \frac{F_1}{S_1} = \frac{100\ N}{10\ cm^2} = 10\ bar$$

La presión en todo el circuito es la misma y es presión generada 10 bar.

P = F / S despejando se obtiene que la F = P · S
Teniendo en cuenta que 10 bar = 100 N/cm^2:

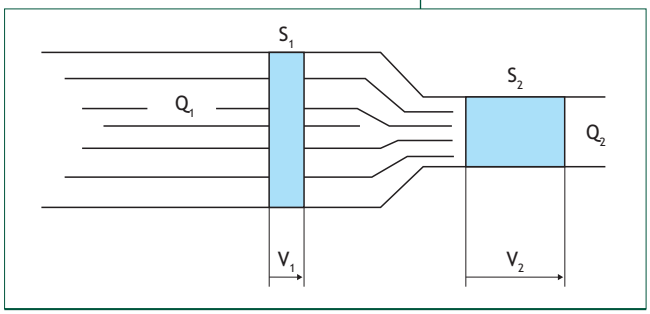
$F_2 = P \cdot S_2$
$F_2 = 10\ bar \cdot 100\ cm^2 = 100\ N/cm^2 \cdot 100\ cm^2 = 10\ 000\ N = 1\ 000\ daN$

6 >> Caudal y principio de continuidad

El caudal es la cantidad de fluido que pasa por la sección de un conducto por unidad de tiempo.

Las unidades para medir el caudal son kg/s, si mide la cantidad de fluido en masa, o bien l/s o m^3/h, si se mide el fluido en volumen.

Cuando el fluido circula por un conducto con distintas secciones (figura 4.17), el caudal que pasa por cada sección en la unidad de tiempo es igual.



4.17. Fluido circulando por un conducto con dos secciones.

V_1 = Velocidad del líquido en la sección S_1.
Q_1 = Caudal que circula por la sección S_1.
S_1 = Sección de la canalización grande.
V_2 = Velocidad del líquido en la sección S_2.
Q_2 = Caudal que circula por la sección S_2.
S_2 = Sección de la canalización pequeña.

El caudal de líquido Q_1 es igual a la sección de la canalización S_1 por la velocidad V_1.

$$\boxed{Q_1 = S_1 \cdot V_1}$$

El caudal que circula por la canalización de menor diámetro Q_2 es igual a la sección de la canalización S_2 por la velocidad V_2.

$$\boxed{Q_2 = S_2 \cdot V_2}$$

Cumpliendo la ecuación de la continuidad $Q_1 = Q_2$, el principio de continuidad obliga a aumentar la velocidad de circulación del líquido en la tubería con menor sección para mantener el mismo caudal. Se puede sustituir Q_1 por su valor y realizar la igualdad:

$$\boxed{Q_1 = Q_2 \rightarrow S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2}$$

Casos prácticos

Aplicación del principio de continuidad

•• Un circuito hidráulico por el que circula el aceite a 10 cm/s tiene una canalización con una sección de 15 cm^2 que se reduce en cierto punto a 7,5 cm^2.

a) Calcula el caudal Q_1 que circula por la canalización de 15 cm^2 de sección.
b) Calcula la velocidad a la que circula el aceite en la sección de 7,5 cm^2.
c) Calcula el caudal Q_2 que circula por el estrechamiento de 7,5 cm^2.

Solución •• Aplicando el principio de continuidad:

a) $Q_1 = S_1 \cdot V_1 = 15\ cm^2 \cdot 10\ cm/s = 150\ cm^3/s$

b) $Q_1 = Q_2 \rightarrow S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = \dfrac{S_1 \cdot V_1}{S_2}$

$V_2 = 15\ cm^2 \cdot 10\ cm/s\ /\ 7{,}5\ cm^2 = 20\ cm/s$

c) $Q_2 = S_2 \cdot V_2 = 7{,}5\ cm^2 \cdot 20\ cm/s = 150\ cm^3/s$

7 >> Circuitos neumáticos e hidráulicos

Los circuitos que emplean fluidos para transmitir la fuerza se agrupan según el tipo de fluido:

– **Circuitos neumáticos.** Emplean gases como fluido.
– **Circuitos hidráulicos.** Emplean líquidos como fluido.

Los circuitos neumáticos e hidráulicos emplean principios de funcionamiento, componentes y piezas parecidas, y la simbología es similar. Las diferencias y particularidades se resumen en la siguiente tabla.

Vocabulario

Paso de tornillo: distancia entre las crestas de dos filetes consecutivos.

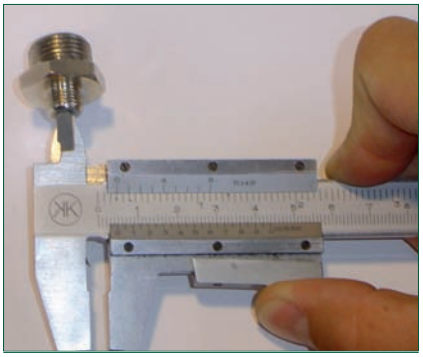
Datos comparativos	Circuitos hidráulicos	Circuitos neumáticos
Generación de la presión	Bombas	Compresores
Presión de trabajo	Alta presión (1 a 250 bar)	Baja presión (1 a 20 bar)
Desplazamientos	Muy precisos	Menos precisos
Retornos	Necesita retornos de líquidos	No necesita
Conexiones entre piezas	Racores (complejo)	Conectores (sencillo)
Potencia transmitida	Muy buena	Baja
Rendimiento	Bueno	Bajo
Coste de la instalación	Muy alto	Medio
Mantenimiento	Alto	Medio

7.1 > Roscas empleadas

Las uniones roscadas y las roscas empleadas en hidráulica y neumática son especiales. Se denominan roscas de fluidos tipo gas.

Las roscas más empleadas son:

– Rosca whitworth (BSP) gas.
– Métrica gas.



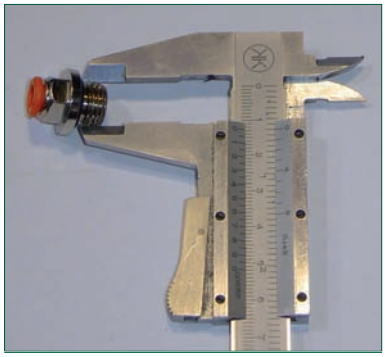
4.18. Medida del diámetro nominal.

Las roscas tipo gas no se identifican por su diámetro exterior y paso como en las roscas del sistema métrico o whitwort normales. Para definir una rosca gas empleada en un conducto o racor de un circuito, se miden el diámetro exterior y el paso, y después se compara con el diámetro nominal y paso de las tablas. El diámetro nominal es el área menor por la cual tiene que fluir el fluido.

Por ejemplo: 1/4"-19 BSP corresponde a gas 1/4".

Las medidas de esta rosca son:

– Diámetro exterior = 13,16 mm
– Paso = 19 hilos/pulgada
– Diámetro nominal = 1/4"



4.19. Medida del diámetro exterior.

Pulgadas

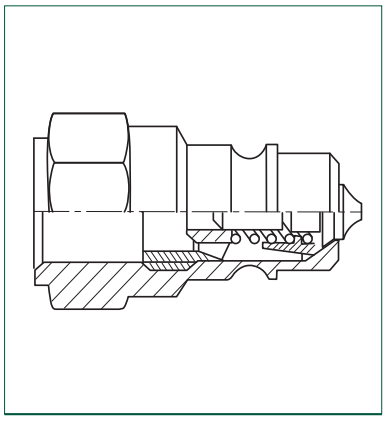
El sistema de roscas whitwort emplea la pulgada como unidad de longitud. Una pulgada equivale a 25,4 mm.

Métrica	Diámetro nominal (mm)
M 5	2 - 2,7
M 10 x 1	3 - 4
M 14 x 1,5	6 - 7
M 18 x 1,5	8 - 9
M 22 x 1,5	12 - 13

Roscas de conexión

Las roscas de conexión se emplean para definir el caudal medio que puede circular en la unión. Una válvula con un racor de G1/8 puede circular un caudal de 150 a 400 l/min.

Rosca de conexión	Caudal aprox. (l/min)
M 5	60 - 180
G 1/8	150 - 400
G 1/4	6 000 - 1 200
G 1/2	2 000 - 4 000
G 3/4	4 500 - 8 500



4.22. Racor macho.

Tablas de medidas de las roscas gas (BSP)		
Diámetro nominal	Ø Exterior de la rosca	Paso Hilos/pulgada
1/8”	9,73 mm	28
1/4”	13,16 mm	19
3/8”	16,66 mm	19
1/2”	20,95 mm	14
3/4”	26,44 mm	14
1”	33,25 mm	11

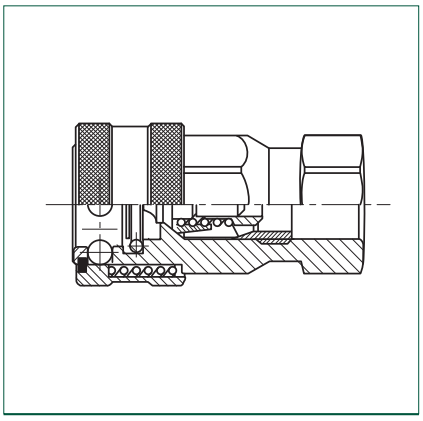
7.2 > Racores de conexión

Los racores de conexión se emplean para realizar la unión entre los componentes del circuito (cilindros, válvulas, manómetros, etc.) y las canalizaciones o latiguillos. Los racores de conexión empleados en neumática son distintos a los utilizados en la hidráulica. Los racores de conexión rápidos empleados en hidráulica son más complicados mecánicamente y disponen de macho y hembra con sistema antirretorno del líquido. El racor macho empleado en neumática no necesita sistema de cierre con antirretorno.

4.20. Racores de conexión rápidos macho y hembra (hidráulica).

4.21. Racor de conexión rápida (neumática).

Los racores de conexión más empleados son los siguientes:



4.23. Racor hembra.

- Racores con conexión rápida.
- Racores con rosca.
- Racores con cánula y abrazadera.

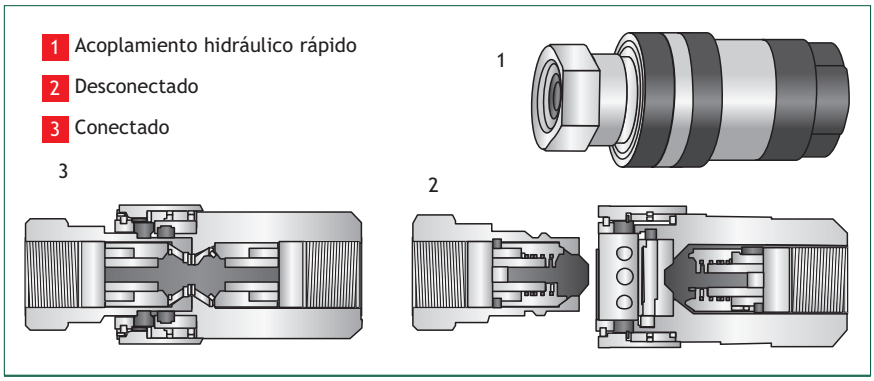
En hidráulica los racores rápidos son muy empleados para conectar los accesorios y equipos al vehículo. Se acoplan con facilidad y un operario puede realizar el acoplamiento con sus manos.

Los racores con conexión rápida se emplean en neumática y en hidráulica. El racor está formado por dos piezas, racor macho y racor hembra.

Los acoplamientos rápidos reducen al mínimo la pérdida de aceite, y no es necesario vaciar o purgar el circuito hidráulico cada vez que se acopla o desacopla algún nuevo componente. Los acoplamientos rápidos se componen de dos piezas o racores (macho y hembra). En cada pieza se dispone de un cono que hace de cierre hermético cuando las piezas están sin conectarse (figuras 4.22 y 4.23).

Al realizar el acoplamiento, cada cono levanta al otro cono de su asiento y abre el paso del aceite (figura 4.24). Al desconectar el acoplamiento los muelles empujan los conos y cierran la salida del aceite.

El acoplamiento rápido se debe realizar sin presión en el circuito.



4.24. Enchufe rápido macho-hembra, conectado (3) y desconectado (2).

Racores roscados

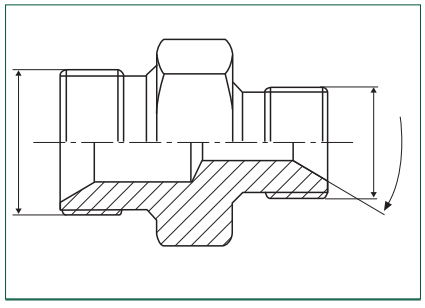
Los racores roscados se emplean para unir la tubería o canalización con el componente hidráulico o neumático que se desee. El sistema es muy empleado por su sencillez y facilidad de montaje.

Los racores hidráulicos emplean distintos dispositivos de hermeticidad (arandelas, asiento cónico, etc.).

En circuitos hidráulicos también se emplean tornillos con orificios para la entrada y salida de los fluidos (figura 4.25). La hermeticidad se realiza con arandelas de cobre y aluminio.

Los racores roscados con distintos diámetros nominales y roscado interior o exterior se emplean como reductores (figura 4.26).

4.25. Tornillo con orificios, arandelas, conector de ojo con cánula.



4.26. Reducción macho-macho BSP.

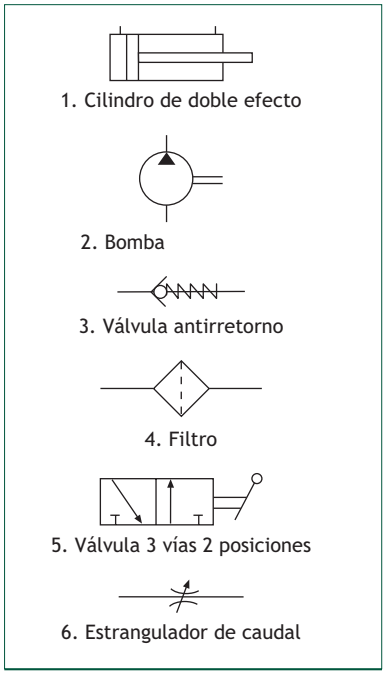
Código	R_1	R_2
1 355 010	1/8”	1/4”
1 355 080	1/4”	3/8”
1 355 090	1/4”	1/2”
1 355 240	3/8”	1/2”
1 355 250	3/8”	3/4”
1 355 260	3/8”	5/8”
1 355 320	1/2”	5/8”
1 355 340	1/2”	3/4”
1 355 350	1/2”	1”
1 355 390	5/8”	3/4”
1 355 400	5/8”	1”
1 355 440	3/4”	1/4”
1 355 500	3/4”	1”
1 355 510	3/4”	1”1/4
1 355 540	1”	3/8”
1 355 580	1”	1”1/4
1 355 590	1”	1”1/2
1 355 660	1”1/4	1”1/2
1 355 670	1”1/4	2”
1 355 750	2”	1”1/2

Sistemas de normalización

- Normas internacionales ISO (International Standardising Organization).
- Normas europeas CETOP.
- Normas alemanas VDMA.
- Normas americanas ASA y JIC.

4.27. Racor de la bomba. Hermeticidad con asiento cónico.

4.28. Racor en forma de cruz.



4.31. Simbología de elementos hidráulicos y neumáticos.

Racores de unión de canalizaciones

Los racores de unión más empleados para las canalizaciones son:

– Racor en forma de codo.
– Racor en T.
– Racor en L.
– Racor en cruz.

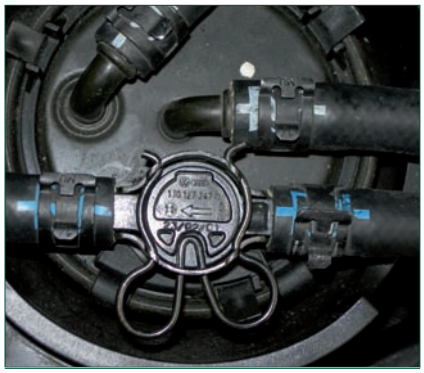
El material y el tipo de unión empleado en los racores de unión de canalizaciones depende del tipo de fluido y de la presión del circuito.

Racores con cánula y abrazadera

Los racores con cánula o espiga se emplean en los circuitos de baja presión tanto en neumática como en hidráulica, especialmente en los retornos al depósito. En los circuitos hidráulicos de alta presión se emplean las espigas y las conexiones prensadas con máquina.

Las abrazaderas aseguran la hermeticidad de la cánula y de la canalización. En los circuitos neumáticos que trabajan con depresión no se suele emplear abrazadera (figura 4.29).

4.29. Cánulas sin abrazadera.



4.30. Cánulas con abrazadera.

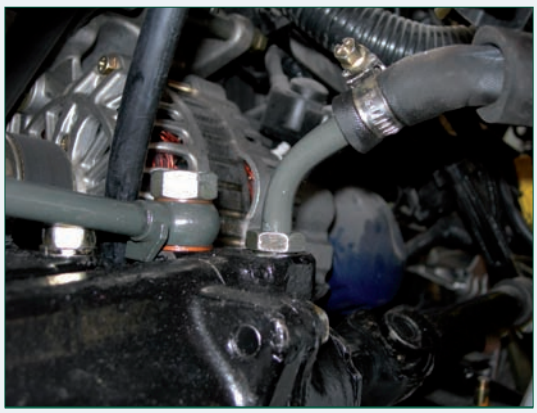
Actividades propuestas

5•• Indica el código de la reducción macho-macho en rosca BSP de las siguientes reducciones tomando la tabla de códigos de pedido:

- Rosca 1/8” a rosca 1/4”.
- Rosca 1/4” a rosca 1/2”.
- Rosca 1/2” a rosca 5/8”.
- Rosca 1” a rosca 3/4”.
- Rosca 1” a rosca 1/2”.

6•• En la figura 4.32 aparecen delante del alternador la bomba de la dirección asistida hidráulica y las canalizaciones de entrada y salida del aceite.

a) Localiza qué canalización es la de salida de la presión.
b) Explica qué tipo de unión se emplea entre las canalizaciones y la bomba.



4.32. Bomba de la dirección asistida.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué diferencias existen entre un circuito neumático y un circuito hidráulico?

2·· Anota los circuitos que emplean como fluido un gas en un vehículo y el nombre del gas.

3·· Anota los circuitos que emplean como fluido un líquido en un vehículo y el nombre del líquido.

4·· ¿Qué líquidos se emplean en los circuitos hidráulicos de los vehículos?

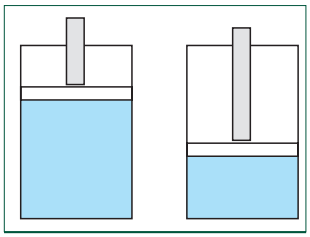
5·· ¿Qué es la densidad de un fluido? ¿Qué útil se emplea para medirla?

6·· Explica qué indican las siglas SAE 30 en las propiedades de un aceite.

7·· ¿Qué es la presión de un fluido? ¿Qué unidades se emplean para medirla?

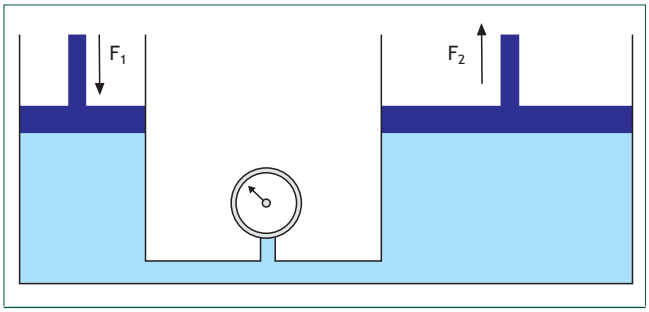
8·· Explica la diferencia entre la presión absoluta y la presión relativa.

9·· Calcula, aplicando la ley de Boyle-Mariotte, el volumen V_2 que ocupará un gas que se encuentra a 5 bar de presión en un recipiente con un volumen de 500 cm^3 si aumentamos la presión a 10 bar y se mantiene la temperatura constante.



4.33. Gas sometido a presión.

10·· Calcula la presión que se genera en la prensa hidráulica de la figura 4.34. Aplicando una fuerza de 250 N, sabiendo que la superficie pequeña es de 8 cm^2 y la superficie grande de 250 cm^2. Calcula la fuerza F_2 generada por el émbolo S_2.



4.34. Prensa hidráulica y manómetro.

11·· Explica las características de las roscas em-pleadas en los circuitos hidráulicos y neumáticos.

12·· Explica la misión de los racores de conexión y las características de los racores más empleados.

13·· Explica qué indica un símbolo en un esquema y dibuja el símbolo de un cilindro y de una válvula de tres vías y dos posiciones.

.: APLICACIÓN :.

1·· Busca todos los manómetros que se puedan localizar en el taller y clasifícalos por el tipo de fluido, presiones máximas que puedan medir y sus escalas.

2·· Comprueba el funcionamiento del presostato del compresor del taller:

- Pon en marcha el compresor y anota su presión de corte.
- Abre un punto de la red para que el aire escape. Puedes hacerlo con una pistola de soplar. Al descender la presión el compresor se pondrá en marcha. Anota la presión de puesta en marcha.

3·· Mide y anota la presión que marca el manómetro de una botella de oxígeno y la salida de presión del manorreductor.

4·· Mide y anota la presión que marca la botella del acetileno y la presión en el manorreductor.

5·· Mide la presión de un circuito hidráulico que dispongas en el taller: un elevador hidráulico, equipo de tarado de un inyector, etc.

Caso final

Sustitución de un latiguillo cuarteado

•• Llega al taller un Peugeot 405 para hacer una revisión de frenos. Se comprueba que el latiguillo trasero izquierdo del circuito de frenos se encuentra cuarteado y es necesario sustituirlo.

Realiza la sustitución y mide las roscas del latiguillo.

Solución •• El proceso de sustitución y medida de las roscas es el siguiente:

- Afloja la tuerca del latiguillo con la llave reforzada de racores 11 (figura 4.35). Soltando el latiguillo del anclaje estriado, afloja el latiguillo de la pinza del émbolo con una plana normal de 11 (figura 4.36).

4.35. Aflojar el racor.

4.36. Desenroscar el racor de la pinza.

- Tapona la salida del líquido de frenos y recoge el que pueda caer.
- Extrae el latiguillo y mide las roscas del latiguillo. La medida del diámetro exterior resulta ser 10 mm (figura 4.37). Mide el paso de la rosca con las orejetas del calibre y resulta ser 1 mm (figura 4.38). El latiguillo tiene una rosca de M 10 x 1.

4.37. Midiendo el diámetro exterior.

4.38. Midiendo el paso del racor.

- Rosca el latiguillo de repuesto y encaja el estriado en su acoplamiento (figura 4.40). Aprieta también el casquillo macho del tubo metálico.

4.39. Fijación del latiguillo.

4.40. Apretar la tuerca.

- Purga el circuito de frenos. El circuito ha perdido líquido y tiene aire en su interior. El purgado se puede realizar entre dos operarios. Se abre el purgador de la pinza de frenos (figura 4.41), el aire sale al exterior y se añade líquido en el depósito para mantener constante el nivel (figura 4.42).

4.41. Abrir el purgador.

4.42. Rellenar el depósito.

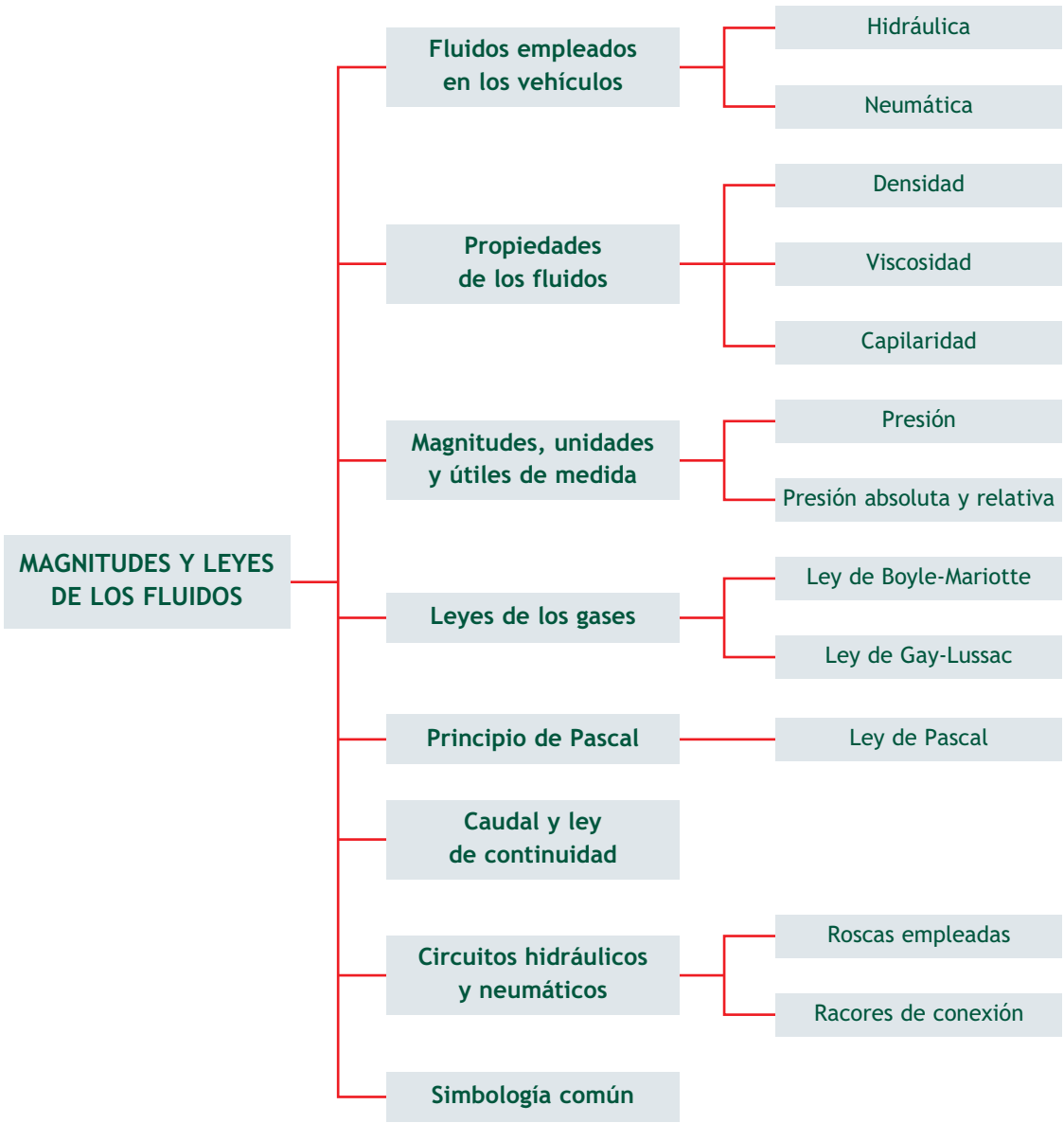
Recomendaciones de líquido de frenos

Utiliza siempre el mismo tipo de líquido y evita mezclar unos con otros.

- DOT3. Para vehículos con baja exigencia en el frenado.
- DOT4. Para todo tipo de vehículo con baja, media y alta exigencia en el frenado.
- DOT4 SUPER. Para vehículos con sistemas de frenos ABS y alta exigencia en el frenado.

El cambio periódico del líquido de frenos aumenta la vida útil de todos los componentes internos del sistema.

Ideas clave


MAGNITUDES Y LEYES DE LOS FLUIDOS
Fluidos empleados en los vehículos
Hidráulica
Neumática
Propiedades de los fluidos
Densidad
Viscosidad
Capilaridad
Magnitudes, unidades y útiles de medida
Presión
Presión absoluta y relativa
Leyes de los gases
Ley de Boyle-Mariotte
Ley de Gay-Lussac
Principio de Pascal
Ley de Pascal
Caudal y ley de continuidad
Circuitos hidráulicos y neumáticos
Roscas empleadas
Racores de conexión
Simbología común

Fluid LHM-S

Fluido para sistemas hidráulicos de vehículos Citroën

Es un aceite mineral especial para el sistema hidráulico central y de frenos de los vehículos Citroën.

Aplicación

Para uso exclusivo de los vehículos Citroën, en el depósito centralizado a alta presión que alimenta a los circuitos hidráulicos que comandan las funciones de suspensión, de frenos y de la dirección asistida.

Ventajas y propiedades

– Su fórmula especial ayuda a prevenir eficazmente la corrosión y lubrica las partes móviles del sistema.
– Compatible con los elastómeros y materiales que componen los sistemas hidráulicos pintados de color VERDE.
– No debe ser empleado en unidades diseñadas para ser usadas con fluidos sintéticos (como el Shell Fluid LHS), cuyos sistemas están pintados de color negro.
– Gran fluidez a bajas temperaturas ya que tiene un bajo punto de escurrimiento, proporcionando una óptima eficiencia hidráulica.

Beneficios

– Cumple estrictamente los requerimientos de Citroën.
– Confianza en el uso de un producto totalmente probado y aprobado.
– Mejor protección de los componentes de los delicados sistemas hidráulicos.

Especificación

Citroën : Norma B 71 2710

Características típicas	
Viscosidad cinemática a 40 °C, cSt a 100 °C, cSt	17,8 6,25
Índice de viscosidad	354
Densidad a 15 °C, kg/l	0,858
Punto inflamación CC,°C	112
Punto escurrimiento, °C	–60

Estas características son típicas de la producción actual y pueden variar con futuras producciones en acuerdo a Especificaciones Shell.

Fuente: Guía de Lubricantes, Shell

u n i d a d **5**

Componentes y circuitos neumáticos

SUMARIO

- Generación del aire comprimido
- Tratamiento y secado del aire
- Canalizaciones
- Cilindros y motores
- Simbología
- Tipos de válvulas

OBJETIVOS

- Conocer las ventajas de la aplicación de la neumática.
- Estudiar los tipos de compresores.
- Conocer las canalizaciones de los circuitos.
- Estudiar los cilindros más empleados y los motores.
- Estudiar las válvulas que se emplean y la simbología para su representación.

1 >> Neumática y aire comprimido

El término neumática proviene de la palabra griega *Pneuma,* que significa «aliento» o «soplo».

La neumática es la técnica que estudia los movimientos y procesos del aire a presión, depresión o vacío.

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre. A lo largo de la historia lo ha aprovechado para reforzar sus recursos físicos. Ya hace siglos existían algunas aplicaciones en la minería y en los ferrocarriles, como los martillos perforadores y los frenos de aire comprimido.

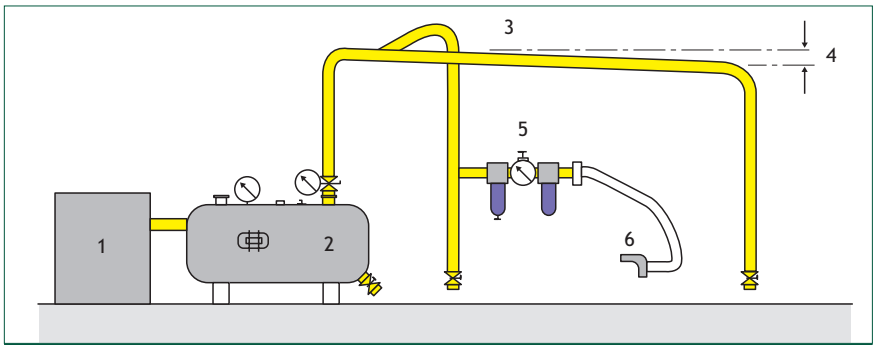
Hasta el siglo pasado no empezaron a investigarse y definirse las reglas de la neumática. A partir del año 1950 se comenzó a tratar el aire comprimido como la aplicación industrial de la neumática.

La aplicación generalizada de la neumática en la industria se inició con la automatización y racionalización en los procesos de fabricación. En sus inicios esta técnica fue rechazada debido a falta de conocimiento y de formación.

En la actualidad, no se concibe una moderna explotación industrial, taller o vehículo de altas prestaciones sin el aire comprimido.

Un circuito básico de neumática está formado por los siguientes componentes:

– Compresor.
– Calderín.
– Canalizaciones.
– Unidad de mantenimiento.
– Enchufe rápido o toma de presión.
– Manguera con enchufe rápido.
– Actuador (motor, cilindro, pistola de soplado).



5.1. Circuito neumático.

Propiedades del aire comprimido

Emplear el aire comprimido como fuente de energía es más costoso que emplear la energía eléctrica de la red. No obstante, el aire comprimido es una fuente de energía recomendable y muy empleada en los talleres de fabricación y reparación de vehículos.

Datos históricos

Uno de los pioneros de la neumática y de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo fue el griego Ktesibios. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido.

En el año 1868 el inventor e industrial estadounidense George Westinghouse diseñó un freno de aire comprimido para trenes.

1 Compresor
2 Depósito de aire
3 Canalizaciones
4 Pendiente 1-2%
5 Unidad de mantenimiento
6 Toma de presión

El aire se puede transportar

El aire comprimido y los gases se pueden transportar en recipientes cerrados. Ejemplos de esta circunstancia son las botellas de acetileno o las botellas de oxígeno.

Las propiedades del aire a presión en los circuitos neumáticos son las siguientes:

– Es barato y es utilizado en cantidades ilimitadas.
– No es necesario sustituir ni reciclar.
– Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno. Esta circunstancia simplifica los circuitos.
– El aire comprimido se puede almacenar en calderines. Un circuito que disponga de un calderín con aire comprimido puede funcionar un tiempo con el compresor parado o averiado.
– Es menos sensible a las variaciones de temperatura que los aceites, garantizando un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
– No tiene ningún riesgo de incendio, por tanto no es necesario disponer de instalaciones antideflagrantes.
– Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina y no provoca averías en el vehículo.
– Los componentes neumáticos son más sencillos de fabricar y tienen un menor coste económico que el mismo componente empleado en un circuito hidráulico.

Para hacer uso de la neumática de forma correcta es necesario conocer las desventajas del aire como fluido:

– Antes de emplear el aire comprimido es necesario limpiarlo bien de las partículas abrasivas, impurezas y humedad que pueda tener en suspensión. Las partículas deterioran los componentes y el agua provoca la oxidación de las piezas aceradas.
– Los circuitos neumáticos no son adecuados para realizar circuitos que trabajen con mucha precisión en los desplazamientos. Con aire comprimido no es posible obtener velocidades uniformes y constantes.
– El aire comprimido se emplea para realizar esfuerzos medios, condicionado por la presión de tarado (6 a 8 bar). Para realizar grandes esfuerzos sería necesario fabricar cilindros con émbolos de gran diámetro.
– El escape de aire produce ruidos molestos. Este problema se ha resuelto en gran parte gracias al desarrollo de materiales insonorizantes y silenciadores.
– Cuando el compresor lleva muchas horas trabajando, el aceite de engrase puede mezclarse con el aire comprimido y ser expulsado de la instalación.

Actividades propuestas

1·· Realiza un listado de circuitos y dispositivos del taller que funcionan empleando el aire comprimido.

2·· Enumera las máquinas manuales de accionamiento neumático que conoces y anota su presión de trabajo y si necesitan lubricación.

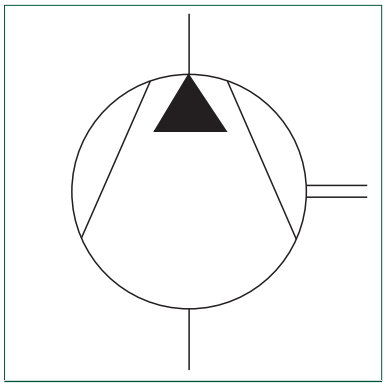
3·· Localiza el calderín del compresor del taller y anota cuántos litros tiene de capacidad.

4·· Localiza si tiene purgadores de la red de aire comprimido y realiza un purgado.

2 >> Compresores o generadores de aire comprimido

Los circuitos neumáticos emplean el aire comprimido como fluido. El aire comprimido, como todos los gases, no tiene una forma determinada, sino que toma la forma del recipiente que lo contiene.

El compresor es el primer elemento de los circuitos neumáticos. Se trata del conjunto mecánico que se encarga de impulsar o aspirar el aire atmosférico para comprimirlo y conseguir aumentar su presión.



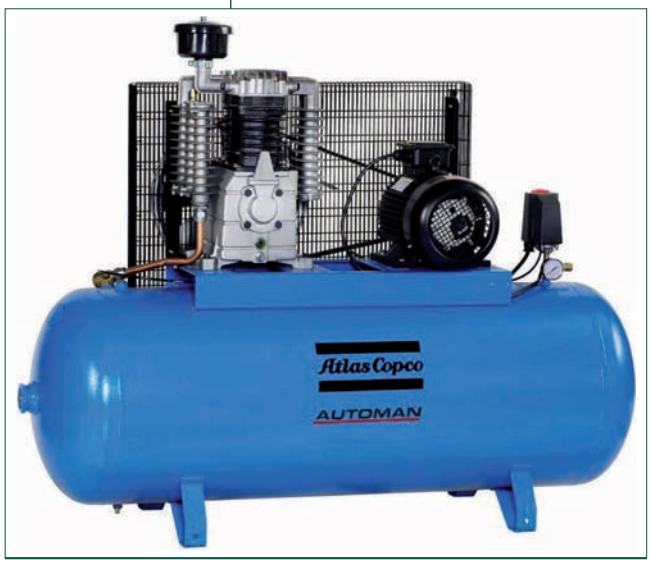
5.2. Símbolo del compresor.

Sin compresor y sin aire comprimido no hay circuito neumático. Las características principales del compresor son:

– El caudal que es capaz de proporcionar en el circuito. Su unidad de medida es el metro cúbico por hora (m^3/h).
– La presión máxima que puede suministrar. Su unidad de medida es el bar (bar).

Los compresores pueden conectarse en los circuitos y realizar su misión del siguiente modo:

– Alimentando directamente el circuito neumático y aumentando la presión en la salida del aire (turbocompresor). De esta forma trabajan con bajas presiones (0,5 a 2 bar) y de forma continua; el compresor no para de girar.
– Almacenando el aire comprimido en recipientes o acumuladores, llamados calderines, desde los que se abastece al circuito. El compresor trabaja con presiones medias y altas (6 a 12 bar) de forma intermitente y se para al llegar a la presión de tarado. Una vez que llega a la presión de conexión del presostato vuelve a conectarse.



5.3. Compresor del taller.

Los compresores son máquinas que necesitan ser accionadas o movidas por una fuerza externa.

Según el tipo de compresor y su colocación dispone de los siguientes accionamientos:

– Correas trapezoidales o poly-V y motores eléctricos conectados a la red a 220 ó 380 V. En el caso de compresores fijos o estacionarios.
– Piñones engranados a la distribución del motor de combustión. En compresores de los circuitos de frenos y suspensión de vehículos industriales.
– Un motor de combustión y correas. En los compresores montados en camiones para descarga de cisternas que transportan producto en polvo.
– Un motor eléctrico de corriente continua de 12 V. En compresores empleados en los automóviles para la suspensión neumática.

Los turbocompresores giran movidos por la salida de los gases del escape.

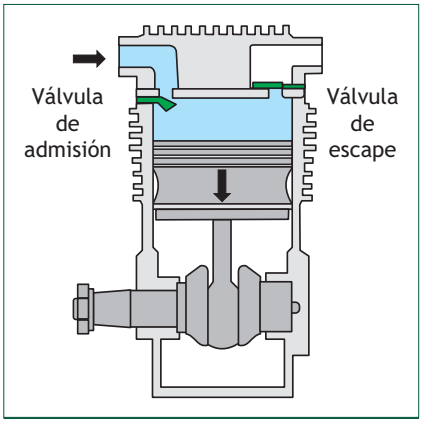
2.1 > Compresor de pistones

El compresor de pistones o émbolo es el modelo de compresor más empleado en los equipos estacionarios. El compresor de pistones tiene una constitución similar al de un motor de combustión y funciona realizando dos etapas o tiempos, el tiempo de admisión y el tiempo de compresión.

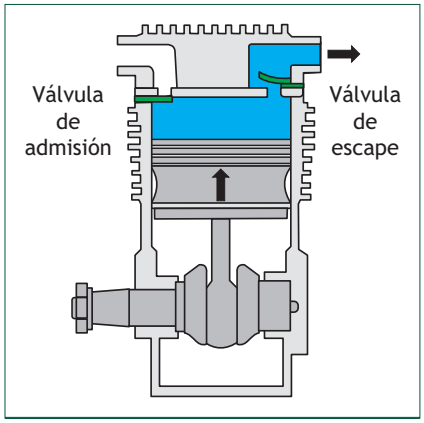
En el tiempo de admisión, el pistón se desplaza al punto muerto inferior y aspira el gas por la válvula de admisión que se abre.

Las válvulas de admisión y escape son de láminas de acero y se abren y cierran por la corriente del aire. No tienen muelles ni dispositivos de apertura sincronizada (figura 5.4).

En el tiempo de compresión, el pistón, movido por el cigüeñal y la biela, se desplaza al punto muerto superior y comprime el aire obligándole a salir por la válvula de escape que se abre (figura 5.5).



5.4. Admisión.



5.5. Compresión y escape.

Como consecuencia de las leyes de los gases, el aire se calienta al comprimirlo. Los compresores de pistones comprimen el aire en la culata, llegando a alcanzar temperaturas que es necesario refrigerar. Para ello se emplean aletas y ventiladores. En los compresores montados en camiones y autobuses la refrigeración se realiza con el líquido refrigerante del motor.

La lubricación del compresor estático se realiza por barboteo. La biela dispone de una cucharilla en la parte inferior (figura 5.6) que toma el aceite del cárter y lo lanza contra la camisa. El lubricador empleado es un aceite específico que el fabricante del compresor recomienda.

La lubricación en los compresores montados en los vehículos industriales es mixta:

– Por presión, empleando conductos y canalizaciones en el cigüeñal (figura 5.7).
– Por barboteo, donde el aceite empleado es el aceite del motor.

El compresor dispone de una toma de aceite del circuito con un anillo tórico de hermeticidad, así como una toma para medir la presión hidráulica con un manómetro.

Mantenimiento de los componentes

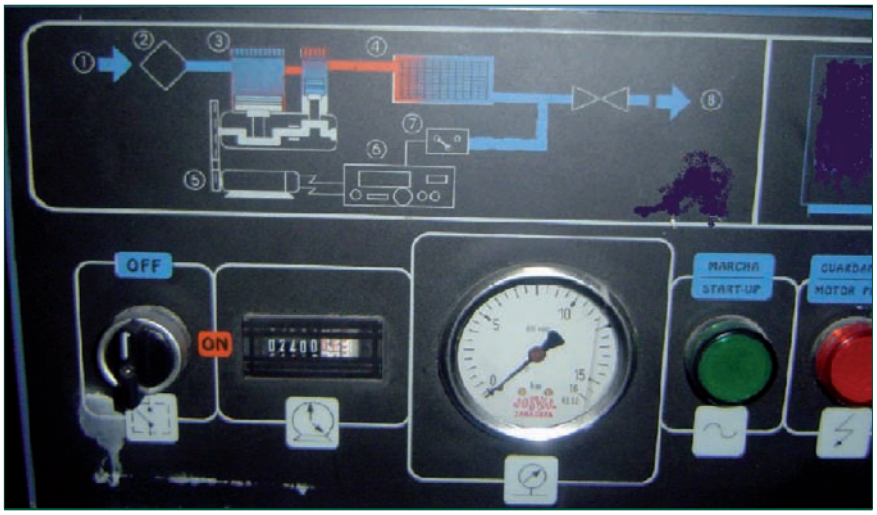
En los compresores estacionarios es necesario comprobar periódicamente el nivel del aceite, con ayuda de una varilla u ojo de buey. En caso de que el nivel se encuentre por debajo del mínimo, es necesario añadir aceite.

5.6. Biela con cucharilla de lubricación.

5.7. Conductos de lubricación del cigüeñal del compresor.

Compresores de pistones de dos etapas

Los compresores de dos etapas emplean componentes y principios de funcionamiento similares a los de los compresores de un solo pistón. Los compresores de dos etapas emplean dos pistones de distinto diámetro. Desde el pistón de mayor diámetro se alimenta al pistón menor. Con este diseño se aumenta la presión de salida: en la primera etapa se consigue una presión de 4 a 6 bar, y en la segunda el pistón pequeño aumenta la presión hasta 10 ó 15 bar dependiendo del tipo de compresor (figura 5.8).



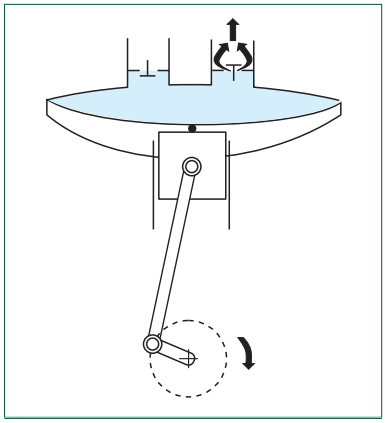
1 Entrada de aire
2 Filtro
3 Compresor de dos etapas
4 Enfriador secador
5 Motor eléctrico de accionamiento
6 Cuadro eléctrico
7 Presostato
8 Salida del aire al calderín

5.8. Cuadro de mandos y esquema de funcionamiento de un compresor de dos etapas con enfriador.

2.2 > Compresor de membrana

Los compresores de membrana son compresores alternativos y funcionan de manera similar a los compresores de pistón. La diferencia es el sistema de cierre hermético, que en los compresores de pistón lo realizan los segmentos y en los de membrana se realiza con la membrana elástica.

El compresor (figura 5.9) realiza los tiempos de admisión y compresión, y las válvulas son similares, normalmente láminas. La principal ventaja de este compresor es que el aire no entra en contacto con las partes metálicas del compresor, evitando la contaminación del aire con el aceite de la lubricación. El compresor de membrana es muy adecuado para generar aire para pintar con pistolas aerográficas.

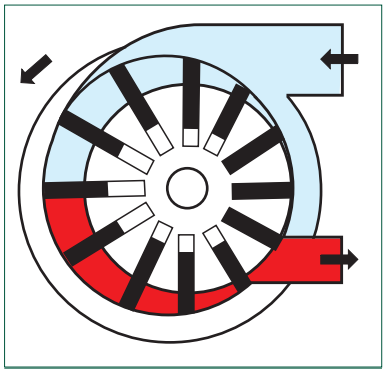


5.9. Compresor de membrana.

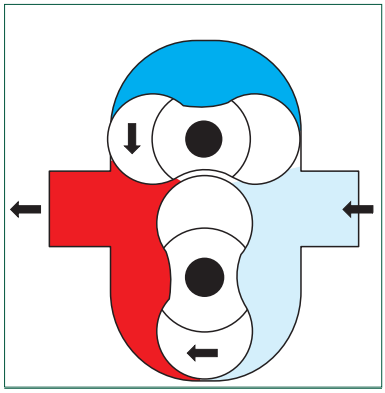
2.3 > Compresores rotativos

Los compresores rotativos generan la presión mediante el giro de un rotor u otro elemento que, en su rotación, consigue aspirar el aire exterior y comprimirlo.

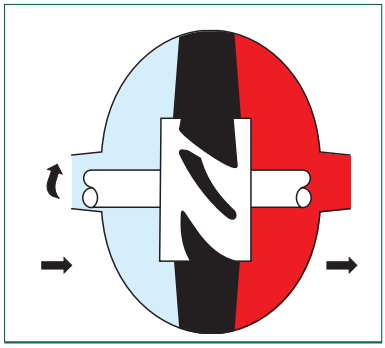
El funcionamiento de estos compresores es silencioso y puede aportar un caudal continuo y sin sacudidas. La presión que se puede alcanzar en una sola etapa puede llegar a los 4 bar, y los montados en dos etapas, a los 8 bar.



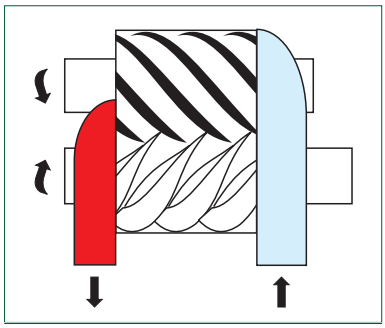
5.10. Compresor rotativo.



5.11. Compresor de lóbulos.



5.12. Compresor axial.



5.13. Compresor de tornillo.

Compresor rotativo con aletas

El compresor dispone de un rotor provisto de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras formando las cámaras con la camisa excéntrica del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter y, debido a su excentricidad, el volumen de las cámaras se reduce y el aire se comprime (figura 5.10).

Compresor de lóbulos *Roots*

Los compresores de lóbulos *Roots* trabajan sin sellado interno entre los lóbulos. La presión se logra por generación contra resistencia.

Este sistema no consigue grandes presiones. Los dos lóbulos giran de forma sincronizada con un mínimo rozamiento y no necesitan lubricación (figura 5.11).

Compresor axial

En los compresores axiales el aire es aspirado por los álabes de la turbina en su giro y es impulsado para su salida por un difusor o estrechamiento (figura 5.12).

Los compresores axiales consiguen mucho caudal de aire y baja presión. Para conseguir elevar la presión es necesario disponer de varias turbinas en serie.

Los turbocompresores en los motores son compresores axiales con dos turbinas unidas por un mismo eje de giro. La turbina del colector de admisión impulsa el aire comprimiéndolo; la otra turbina está colocada en el colector de escape y es impulsada por los gases.

Compresor de tornillo

Los compresores de tornillo disponen de dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo. Trabajan por el principio de desplazamiento y generan un caudal continuo.

Se diseñan para funcionar sin lubricación; ideales para conseguir aire comprimido exento de aceite. Los compresores de tornillo son de bajo mantenimiento, no tienen válvulas y permiten un funcionamiento silencioso y pueden funcionar a gran número de revoluciones.

Compresor rotativo de uña

Los compresores de uña son compresores de última generación diseñados para obtener aire a presión sin contaminar por aceite. Se caracterizan por la baja sonoridad, con menos de 75 dB.

El principio de funcionamiento de los compresores rotativos de uña es similar al compresor de tornillo. El compresor dispone de dos rotores sincronizados en el giro con un perfil especial. En su posición inicial los rotores aspiran el aire por los orificios de entrada y en el movimiento de giro comprimen el aire hasta la lumbrera de salida.

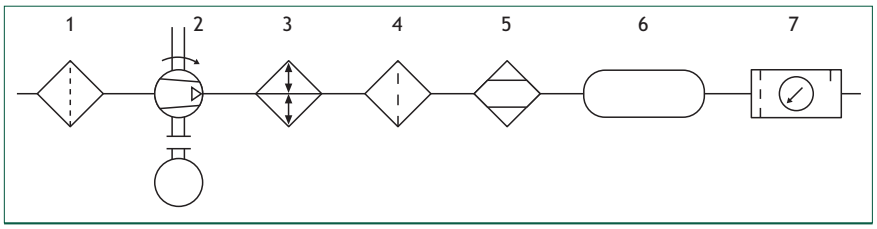
3 >> Tratamiento del aire comprimido

El aire comprimido, como cualquier fluido que se emplee en un circuito, tiene que estar limpio para evitar daños en los componentes del circuito.

Las impurezas que el aire puede tener y que es necesario eliminar son las siguientes:

– Partículas abrasivas de polvo y óxido.
– Humedad.

Todos los circuitos neumáticos disponen de un sistema para la limpieza y secado del aire. En el compresor y en la entrada del calderín se colocan filtros y secadores, y en las tomas de presión de las instalaciones fijas de los talleres se colocan unidades de mantenimiento que disponen de filtro, regulador y lubricador.



5.14. Esquema del filtrado del aire.

1 Aspiración, filtrado
2 Compresión
3 Enfriado
4 Filtrado
5 Secado
6 Acumulador
7 Distribución y preparación

3.1 > Filtrado de partículas abrasivas

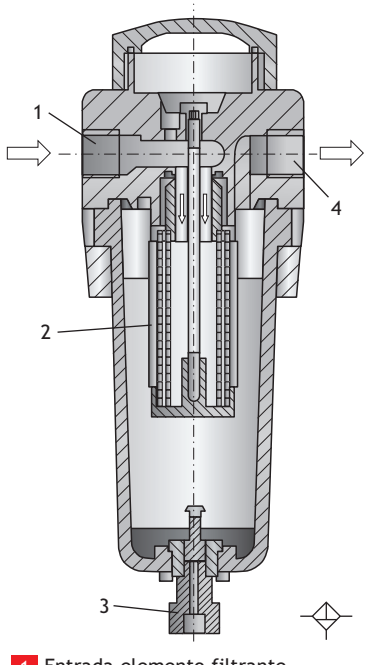
El aire que aspira el compresor se debe limpiar con filtros de partículas, evitando que estas entren en el interior del mecanismo del compresor o al resto de componentes.

En la unidad de mantenimiento también se coloca un filtro de partículas y agua (figura 5.15). Este filtro se coloca para recoger partículas de óxido y metálicas que se puedan desprender del calderín y de las canalizaciones.

El filtro funciona del siguiente modo:

El aire comprimido entra en el filtro (1) y atraviesa el elemento filtrante (2). Este elemento suele estar compuesto por fibras de vidrio, boro, silicato, etc. El aire circula de dentro hacia afuera. Existen modelos de filtros con menor poder filtrante; en ellos, el aire pasa de fuera hacia dentro del elemento filtrante. El aire comprimido limpio circula por la salida (4) a los consumidores.

La separación de partículas es posible por la finura extraordinaria del tejido filtrante. Las partículas separadas y el agua se eliminan del recipiente del filtro por el tornillo de purga (3).

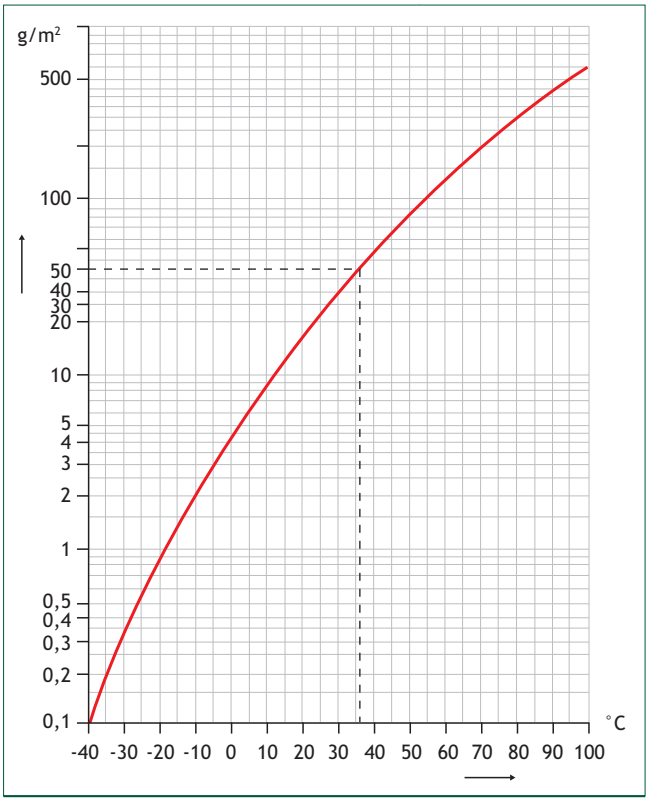


1 Entrada elemento filtrante
2 Elemento filtrante
3 Tornillo de purga
4 Salida

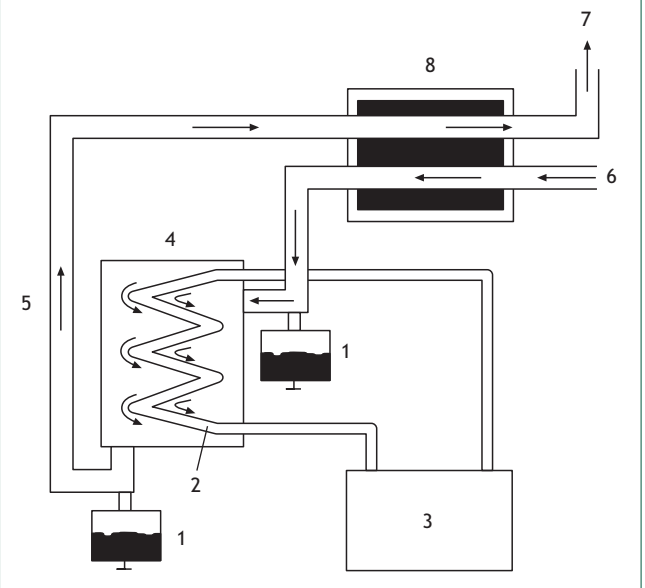
5.15. Filtro de partículas y de agua.

3.2 > Secado del aire

El aire contiene agua en forma de vapor. Esta humedad puede llegar al interior de la red con el aire que aspira el compresor y oxidar los componentes de acero de los circuitos, provocando averías. Por ello es necesario secar bien el aire antes de emplearlo.



5.16. Gráfica que relaciona la cantidad de agua y la temperatura.



1 Separador
2 Agente frigorífico
3 Máquina frigorífica
4 Grupo frigorífico
5 Aire comprimido seco
6 Entrada de aire
7 Salida de aire
8 Intercambiador de calor de aire-aire

5.17. Circuito de secado por frío.

La cantidad de agua depende de la humedad relativa y de la temperatura del aire: cuanto más caliente esté el aire, mayor cantidad de vapor de agua tiene.

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un metro cúbico de aire. Para una temperatura de 20 °C, la humedad contenida en el aire es de 17,3 g/m^3 y, como puede apreciarse en la tabla (figura 5.16), a medida que baja la temperatura disminuye el contenido de agua; a 5 °C la humedad es de 6 g/m^3.

Los métodos más empleados para secar el aire comprimido son:

– Secado por enfriamiento. Se consigue bajando la temperatura del aire comprimido empleando sencillos radiadores de aire en el compresor o equipos de frío para necesidades especiales donde se necesite un aire seco (equipos de control numérico). El circuito de secado por frío (figura 5.17) dispone de un equipo frigorífico con un intercambiador aire-aire, que permite enfriar el aire comprimido. Con estas temperaturas el aire condensa el vapor de agua. El secado por enfriamiento es un buen método, pero costoso, empleándose en equipos fijos.
– Secado por absorción. Se realiza con un producto higroscópico que absorbe la humedad del aire. El producto absorbente se coloca en un cartucho recambiable formando una pieza que se conoce como secador deshidratador. El aire comprimido circula por el secador instalado en el circuito y secando el aire de la humedad, la cual queda retenida en el producto higroscópico. El secador dispone de un circuito interno que cada cierto tiempo invierte la circulación del aire y limpia el producto higroscópico de la humedad almacenada. Este es el método de secado empleado por los vehículos (figura 5.18).
  Los secadores deshidratadores se montan en los vehículos con circuitos neumáticos y es necesario sustituirlos, como cualquier filtro, en los tiempos que recomienden los fabricantes del vehículo.

3.3 > Lubricación del aire

Los componentes de los circuitos neumáticos (válvulas, cilindros, motores, etc.) pueden funcionar lubricados con aceite o sin lubricación, en seco.

La tendencia actual en la mayoría de circuitos es el funcionamiento en seco. Muchos fabricantes contemplan ambas posibilidades, pero una vez se decide el sistema, este no se puede cambiar, pues las piezas se dañarían.

En aquellos circuitos neumáticos en los que es necesaria lubricación, se coloca un elemento denominado **lubricador** (figura 5.19). El lubricador tiene la misión de añadir aceite en la red y lubricar los elementos neumáticos que emplee el aire.

El lubricador previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los componentes metálicos contra la corrosión.

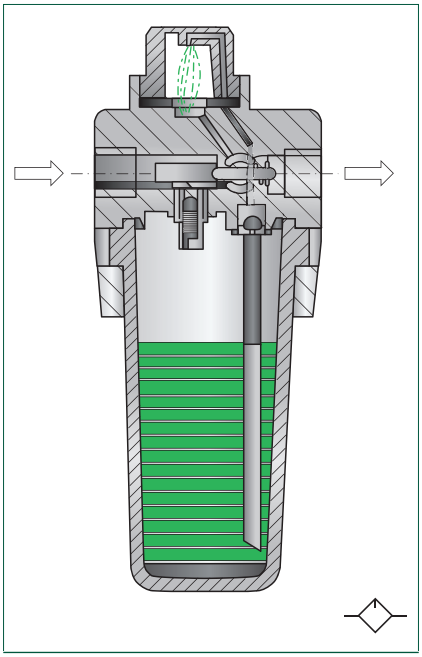
Los lubricadores emplean la depresión que se genera en el estrechamiento del paso del aire (efecto Venturi) para succionar el aceite del depósito.

La diferencia de presión A_p o caída de presión es la diferencia entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de esta.

El lubricador no trabaja bien si se consume poco aire y la velocidad de flujo en la tobera no genera una depresión suficiente para aspirar el aceite del depósito.

El funcionamiento del lubricador (figura 5.19) es el siguiente:

El aire comprimido circula por el lubricador desde la entrada (1) hasta la salida (2). Por el estrechamiento de sección en la válvula (5), se produce una caída de presión. En el canal (8) y en la cámara de goteo (7) se produce una depresión (efecto Venturi). A través del canal (6) y del tubo elevador (4) se aspiran gotas de aceite por la cámara de goteo (7) y del canal (8) hasta el aire comprimido y la salida (2). Las gotas de aceite se pulverizan por el aire comprimido en la red. La cantidad de aceite pulverizado se puede regular por un tornillo que abre o cierra el conducto (6). El aceite más empleado para lubricar es el SAE 10.



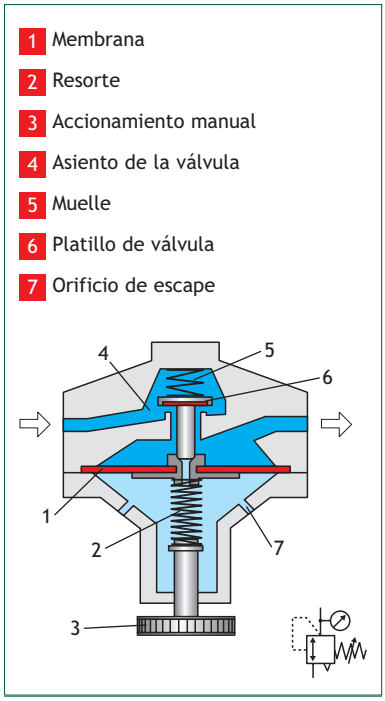
5.19. Lubricador.

3.4 > Regulación de la presión

El regulador de presión se emplea para disponer de una presión de alimentación inferior a la presión de tarado del compresor o la red. Se puede tener una presión en la red de 8 bar y necesitar una presión inferior (6 bar) para alimentar cualquier máquina o componente. El regulador de presión (figura 5.20) dispone de un accionamiento manual (3) que, girándolo, se junta la salida de presión.

La presión de entrada siempre ha de ser mayor que la presión de salida o regulada. La presión es regulada por la membrana (1) que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo y, por el otro, a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo de regulación (3).

5.18. Secador de camión.



5.20. Regulador de presión.

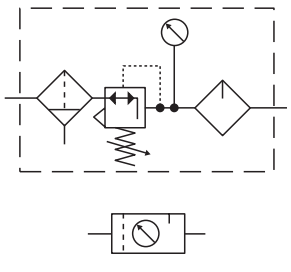
Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento se debe colocar lo más cerca posible de la salida del aire. Y no se deben emplear mangueras de una longitud superior a 5 ó 6 metros; en las mangueras largas, la niebla de aceite se precipita y condensa antes de llegar a los consumidores.

Roscas de conexión

El caudal que circula por la unidad de mantenimiento depende de las roscas de conexión de la unidad y de la presión de la red.
Ejemplo de caudal a 6 bar:

Rosca de conexión	Caudal máximo en l/min
G 1/4”	500
G 3/8”	1 350
G 1/2”	1 470
G 3/4”	4 350
G1”	6 000



5.21. Símbolos de la unidad de mantenimiento.

A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo. En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula.

Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro.

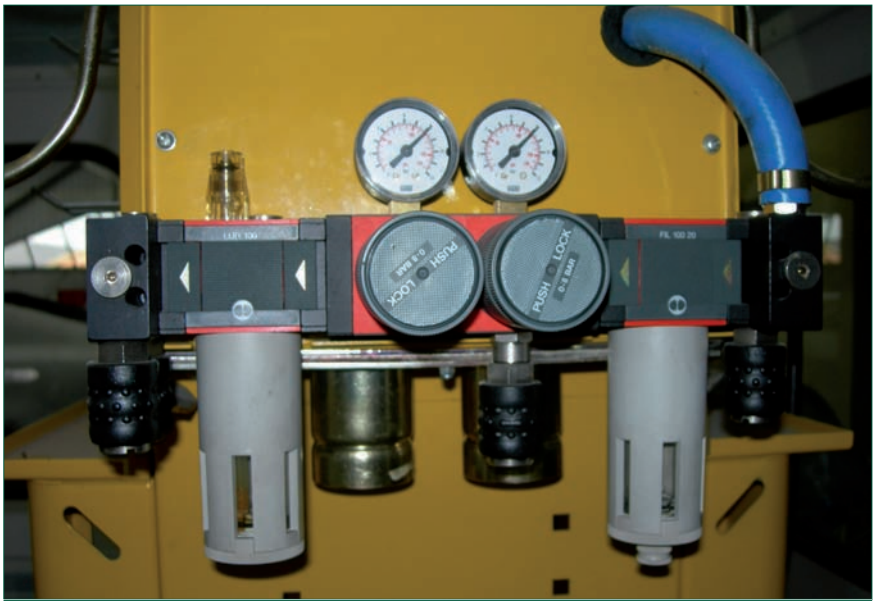
Cuando la presión de salida aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle. Entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.

3.5 > Unidad de mantenimiento

Los componentes que se emplean para tratar el aire comprimido son: el filtro, el regulador de presión y el lubricador. Se pueden montar individualmente o por separado, formando parejas o agrupados y ordenados los tres componentes formando un conjunto de tratamiento de aire denominado unidad de mantenimiento (figura 5.22).

La unidad de mantenimiento se forma con los tres componentes en el orden siguiente: filtro de partículas, regulador y lubricador. La unidad de mantenimiento realiza las funciones de los tres componentes que la forman:

– El filtro de partículas y agua limpia el aire de pequeñas gotas de agua y de componentes abrasivos.
– El regulador regula la presión de salida y la visualiza en el manómetro.
– El lubricador pulveriza aceite en el circuito para lubricar el aire.



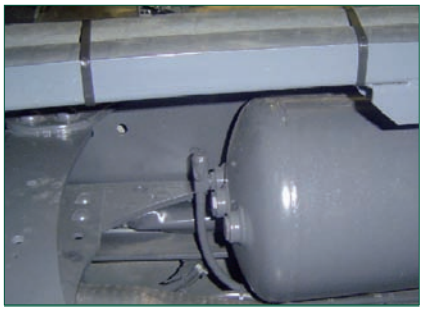
5.22. Unidad de mantenimiento.

4 >> Calderines y acumuladores de aire

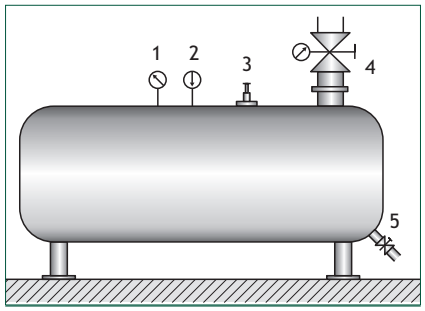
Una de las ventajas de la neumática y del aire comprimido es la posibilidad de almacenarlo con facilidad en depósitos cerrados o calderines. Disponer de calderines con aire comprimido de reserva en un circuito neumático tiene las siguientes ventajas:

– Permite estabilizar el suministro de aire comprimido, compensando los cambios de presión en la red a medida que se consume aire comprimido.
– Posibilita las paradas del compresor. No es necesario que el compresor esté funcionando continuamente para alimentar el circuito; el compresor en las paradas se enfría.
– Se dispone de una reserva de aire a presión que posibilita el funcionamiento del circuito durante un tiempo para garantizar la seguridad del circuito, frenar un vehículo o alcanzar la posición de partida o reposo, en caso de avería de componentes (falta de corriente eléctrica, avería en el compresor, regulador, etc.).

Los acumuladores se pueden encontrar fijos (figura 5.24) o montados en los vehículos (figura 5.23) independientemente de su ubicación y posición de montaje.



5.23. Calderín de camión.



5.24. Calderín estacionario.

1 Manómetro
2 Termómetro
3 Válvula limitadora de presión
4 Válvula de cierre
5 Válvula de vaciado de agua

Las características y componentes de seguridad que los calderines tienen que disponer son las siguientes:

– Se fabrican con acero de forma esférica o cilíndrica, que es la que mejor resiste la presión.
– Disponen de una válvula de vaciado del agua en la parte inferior del calderín. El aire se enfría en el calderín condensando en agua parte de la humedad del aire; el agua en el interior del calderín reduce su volumen y lo oxida interiormente. Los calderines de los camiones disponen de válvulas que se purgan de forma automática al vaciarse el calderín.
– Por seguridad, disponen de una válvula limitadora de presión que se emplea como medida de protección. La válvula se encuentra tarada a una presión superior a la presión de corte del compresor. En caso de una avería en los dispositivos de regulación del compresor, si el compresor no se para y sigue alimentando con aire comprimido, sin válvula de seguridad el calderín podría llegar a explotar. Los calderines disponen de la válvula limitadora de seguridad, que se abriría al llegar a su presión de tarado y expulsaría el aire al exterior evitando daños en el calderín.

Purgado del agua

Las válvulas de purga automáticas empleadas en los calderines de los camiones son similares a las empleadas en los filtros de partículas y agua. Cuando se queda sin presión el recipiente o calderín se abre y permite la salida del agua al exterior. Se cierran a una presión aproximada de 2 bar.

5 >> Canalizaciones

Las canalizaciones permiten la circulación y distribución del aire comprimido desde su generación en el compresor hasta que llega a los receptores o actuadores (cilindros, motores, etc.) que transforman la presión que reciben en fuerza. El diseño de las canalizaciones y de la red de alimentación del circuito se realiza siguiendo las recomendaciones siguientes:

– Debe tener longitud mínima, evitando las caídas de presión en red.
– Emplear tramos rectos. Los codos provocan caídas de presión en la red.
– Emplear un diámetro de canalización adecuado al caudal, presión de la red y caída de presión admisible.

El cálculo del diámetro de la canalización se realiza empleando tablas de los fabricantes o ábacos similares al de la figura 5.25. Para emplear el ábaco es necesario conocer la longitud total de la red, el caudal en metros cúbicos por hora, la presión de trabajo y la pérdida de presión que se admite en la red.

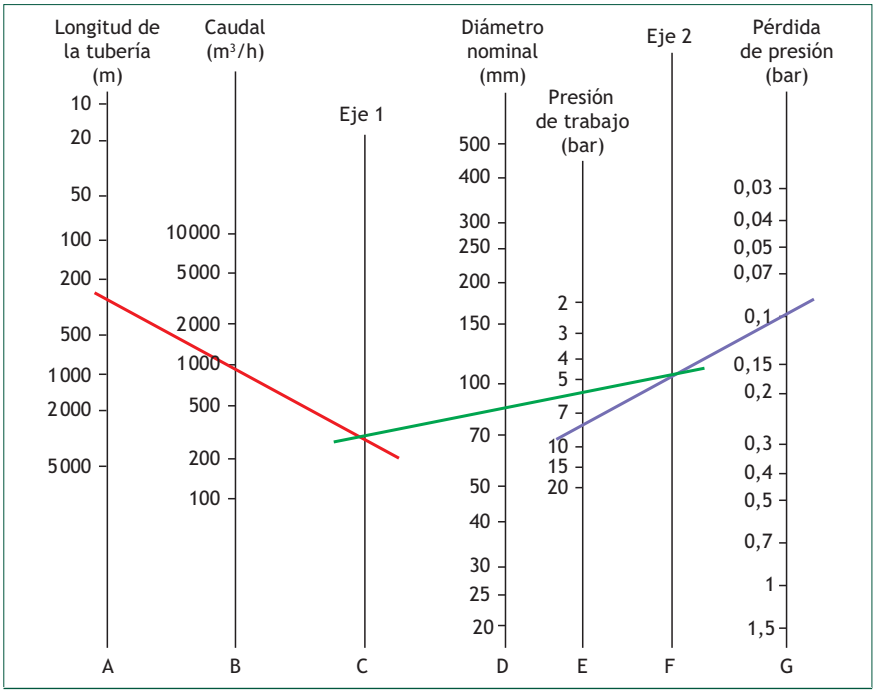
El conexionado de canalizaciones y tomas en las redes fijas de talleres se debe realizar siguiendo las siguientes indicaciones:

– Realizar un circuito cerrado con la canalización principal con pendiente del 2% dejando un purgador en la parte más baja del circuito.
– Conectar las tomas de aire a la red principal por la parte alta, evitando entradas de agua.
– Conectar la unidad de mantenimiento en la parte media de las bajantes y una llave de purga al final.

Los materiales empleados en la fabricación de las canalizaciones rígidas son: acero, cobre, latón, etc. En canalizaciones flexibles los materiales que se emplean son el caucho neopreno, poliamida y poliuretano.

Cálculos

Se entiende por longitud supletoria la longitud de una tubería recta que ofrece la misma resistencia al paso del aire que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación.



5.25. Ábaco para calcular el diámetro interior de las tuberías de neumática.

A. Caucho neopreno

B. Poliamida

C. Poliuretano

5.26. Distintas tuberías flexibles.

Material de las tuberías

Las tuberías y mangueras de caucho neopreno se fabrican con refuerzos de fibras textiles. En su montaje se emplean abrazaderas.

Casos prácticos

Cálculo del diámetro de canalizaciones de aire comprimido para diseñar un circuito

•• Calcula el diámetro interior de una tubería de una red con los siguientes datos:

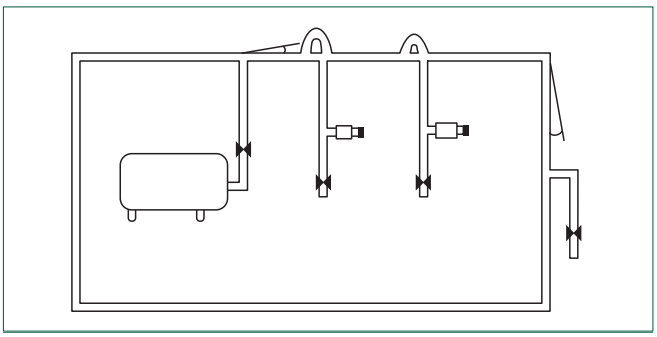
- El consumo total de aire asciende a 16 m^3/min (960 m^3/h).
- La red tiene una longitud total de 280 m.
- La pérdida admisible de presión es de Ap = 0,1 bar.
- La presión de trabajo de la red es de 8 bar.

Solución •• Empleando el ábaco de la figura 5.25 y con los datos de la red, calcula el diámetro aproximado de la tubería siguiendo los siguientes pasos:

- Traza una recta roja que pase por el 280 de la línea A (longitud de tubería en m) y el 960 de la línea B (cantidad de aire que circula en m^3/h).
- Prolonga la recta roja hasta que corte la línea C o eje 1, y marca el punto de corte.
- Traza una recta azul que pase por el 8 de la línea E (presión de trabajo de la red en bar) con la el 0,1 de la línea G (pérdida admisible en la red en bar).
- Marca el punto de corte de la recta azul con la línea F.
- Une con una recta verde los puntos de corte marcados en los pasos anteriores sobre los ejes 1 y 2. El punto de corte de la recta verde con la línea D indica el diámetro nominal de la tubería buscado en mm.

En este caso, se obtiene para el diámetro de la canalización de 90 mm.

Para realizar los cálculos del diámetro de las canalizaciones que tengan una estrangulación de paso del aire (codos, curvas T o reductores) se emplean tablas y ábacos. Cada pieza tiene una equivalencia en metros, sumando todas, se obtiene la equivalencia en metros más que tendría la canalización.



5.27. Calderín, canalizaciones y unidad de mantenimiento de un circuito neumático.

6 >> Actuadores

Los actuadores reciben la presión neumática y la transforman en fuerza de accionamiento. Según el tipo de movimiento, los actuadores se agrupan en dos grandes familias:

– Los actuadores que realizan la fuerza en **movimiento lineal**. Por ejemplo, los cilindros.
– Los actuadores que aplican la fuerza en un **giro** consiguiéndose un movimiento rotativo. Por ejemplo, los motores, actuadores de paletas y pinzas.

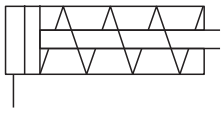
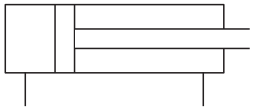
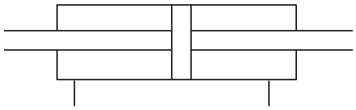
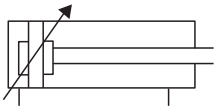
Cilindros a medida

Los cilindros se pueden fabricar a medida, escogiendo el diámetro del émbolo, la longitud y el material del vástago, el material de la junta, etc.

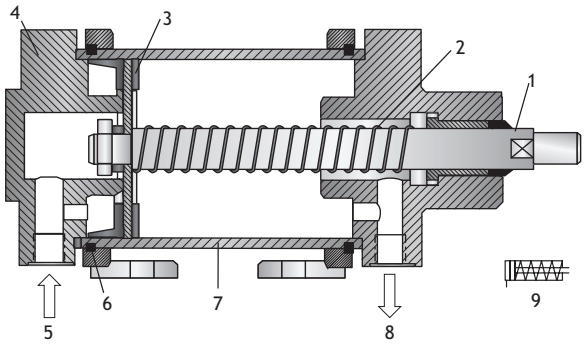
6.1 > Cilindros

Los cilindros son los actuadores más empleados en neumática. Permiten realizar esfuerzos y desplazamientos lineales de avance y retroceso de un mecanismo o dispositivo acoplado a su vástago.

Los cilindros más empleados son los siguientes:

Tipo de cilindro	Símbolo
Cilindro de émbolo de simple efecto	
Cilindro de émbolo de doble efecto	
Cilindro de doble efecto con doble vástago (vástago pasante)	
Cilindro de doble efecto con amortiguador regulable en ambos sentidos	

1 Vástago
2 Muelle de retroceso
3 Pistón
4 Culata
5 Entrada de aire a presión
6 Retén de hermeticidad
7 Camisa de émbolo
8 Escape de aire
9 Símbolo



5.28. Cilindro de émbolo de simple efecto seccionado.

Cilindro de émbolo de simple efecto

Los cilindros de émbolo de simple efecto tienen una sola entrada de aire comprimido y una cámara que recibe el aire a presión, realizando la fuerza en el sentido de la salida del vástago. El retorno se realiza por la fuerza que realiza un muelle incorporado y prácticamente no realiza fuerza de retroceso.

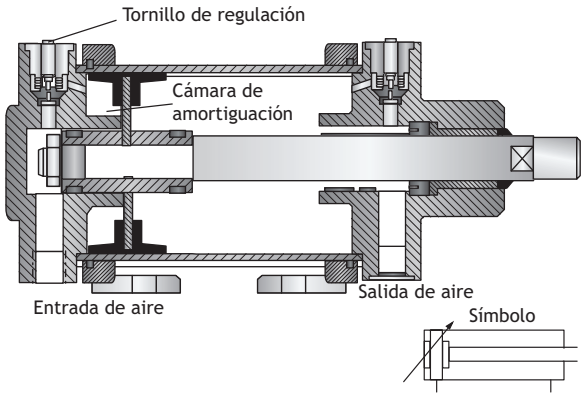
En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado (figura 5.28), la longitud de este limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.

La estanqueidad de la cámara de presión se logra con un retén de hermeticidad, montado en el pistón. Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro.

Cilindro de émbolo de doble efecto

Los cilindros de doble efecto disponen de dos entradas de aire y dos cámaras receptoras. Cuando el cilindro se alimenta con presión por una entrada, por la otra se realiza el escape del aire, sin presión, que contiene la cámara opuesta.

Los cilindros de doble efecto realizan fuerza en la salida del émbolo o avance y en el retorno o retroceso. La superficie útil de las dos cámaras de un cilindro de doble efecto no son iguales, el diámetro del pistón es igual en las dos cámaras, pero la superficie que ocupa el vástago disminuye la superficie útil de la cámara de retroceso.



5.29. Cilindro de doble efecto.

Los cilindros disponen de un dispositivo de amortiguación neumática que permite reducir los golpes al final del recorrido (figura 5.29). La regulación de la amortiguación se realiza con un tornillo que estrangula el paso del aire desde la cámara de amortiguación al exterior.

Materiales empleados en la fabricación de cilindros

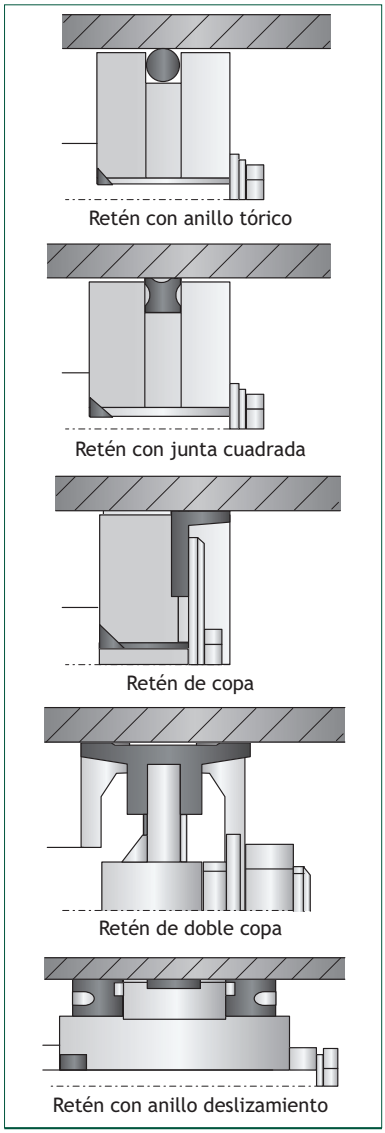
El tubo del cilindro se fabrica de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión o bruñido. Para aplicaciones especiales, el tubo se construye de aluminio, latón o de tubo de acero con superficie de rodadura cromada.

Para las tapas o culatas se emplean aleaciones de aluminio. La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas.

El vástago se fabrica preferentemente de acero bonificado. Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión.

En el sellado de las cámaras se emplean retenes de hermeticidad que se montan en distintos materiales dependiendo de la calidad del cilindro y de la temperatura de trabajo del retén.

Se emplean retenes de poliuretano, vitón o teflón que soportan, respectivamente, temperaturas de –20 a 80 °C, de 20 a 190 °C y de –80 a 200 °C.



5.30. Tipos de retenes y sellado de cilindros.

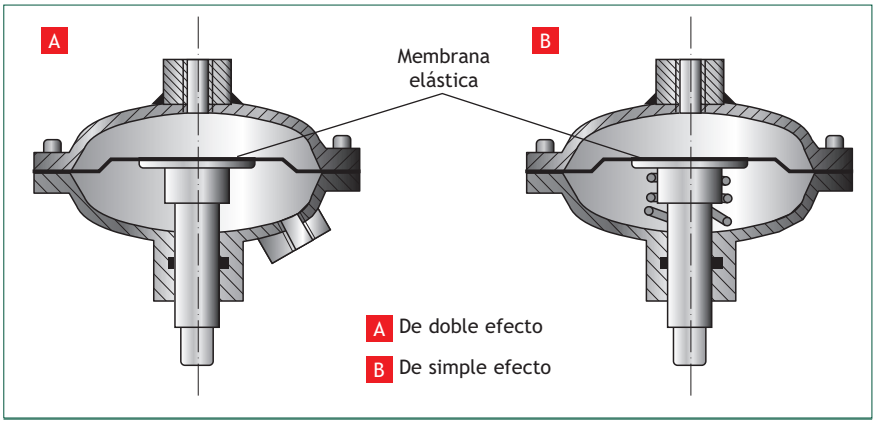
Cilindros de membrana

La diferencia con los cilindros de émbolo es una membrana de goma o plástico que reemplaza al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana y no hay piezas estanqueizantes que se deslicen. Los cilindros de membrana pueden ser de simple o doble efecto.

Los cilindros de membrana tienen un desplazamiento del émbolo pequeño y limitado por la deformación de la membrana (figura 5.31).

Cilindros de vástago pasante

Los cilindros de vástago pasante son cilindros de doble efecto que disponen de un vástago del mismo diámetro en las dos cámaras. Esta disposición per-

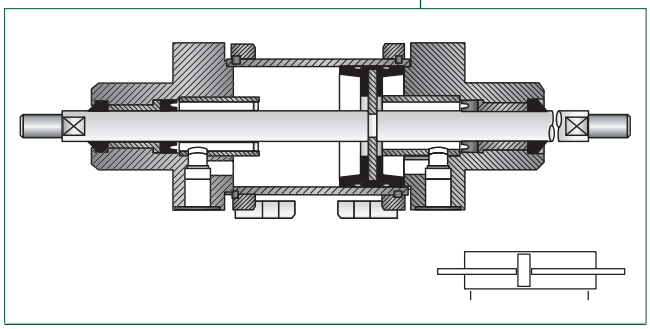


5.31. Cilindros de membrana.

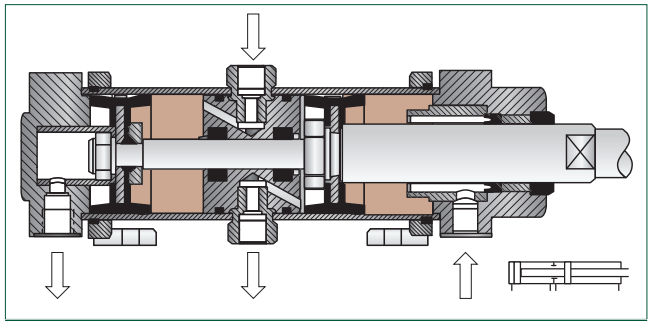
mite tener dos cilindros con la misma superficie útil, que realizan la misma fuerza en los dos sentidos y el mismo consumo de aire en las dos carreras.

Cilindros tándem

El cilindro tándem tiene una constitución similar a la formada por la unión de dos cilindros de doble efecto. Esta disposición permite aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos que dispone y obtener en el vástago el doble de fuerza que la de un cilindro normal con el mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y no es posible utilizar cilindros de un diámetro mayor.



5.32. Cilindro de émbolo pasante.



5.33. Cilindro tándem.

Actividades propuestas

5·· Busca los cilindros especiales en manuales de los fabricantes de componentes neumáticos. Se pueden denominar cilindros especiales los siguientes cilindros:

- Cilindros sin vástago.
- Minicilindros.
- Cilindros con cable.
- Cilindros de impacto.
- Cilindros de eje giratorio.
- Cilindros de doble vástago.
- Cilindro multiposicional.
- Cilindros con vástagos especiales.
- Cilindros elásticos de fuelle.
- Cilindros con pinza.

Anota sus características en una tabla.

6.2 > Motores neumáticos

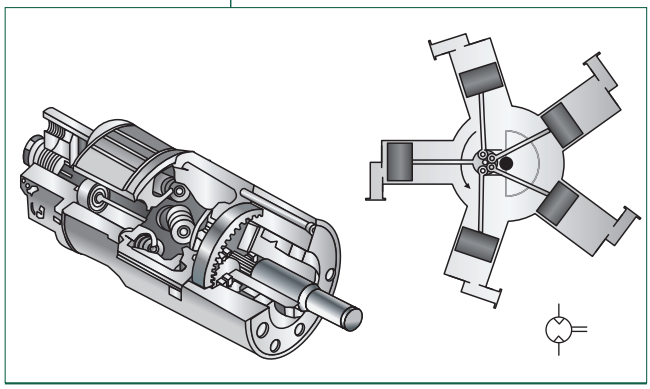
Los motores neumáticos transforman la presión neumática que reciben en un movimiento de rotación o par de giro. El motor neumático tiene una constitución similar a la del compresor, pero trabaja de forma contraria, recibe la presión y realiza un giro continuo.

Los motores neumáticos más empleados son:

– Motores de émbolo.
– Motores de aletas.

Motores de émbolo

Los émbolos se pueden colocar de forma radial o axialmente (figura 5.34). La disposición de los émbolos determina el tipo de motor.



5.34. Forma radial y axial de motores de émbolo.

Los émbolos del motor radial se desplazan en un movimiento alternativo. El aire comprimido empuja sobre la cabeza del émbolo accionando, a través de una biela, el cigüeñal del motor. Se necesitan varios cilindros para asegurar un funcionamiento continuo y sin sacudidas. La potencia de los motores depende de la presión de entrada y de la cilindrada del motor.

El funcionamiento del motor de émbolos axiales es similar al de émbolos radiales. En cinco cilindros dispuestos axialmente, la fuerza se transforma por medio de un plato oscilante en un movimiento rotativo. La velocidad máxima es de 5 000 rpm, y la potencia se encuentra entre 1,5 y 19 kW, equivalente a entre 2 y 25 CV, dependiendo de la cilindrada y de la presión de trabajo.

Motores de aletas

Los motores de aletas son los más empleados. Disponen de una sencilla maquinaria y tienen poco peso. Las potencias oscilan entre 0,1 y 17 kW (0,1 y 24 CV).

El motor de aletas tiene una constitución similar al compresor rotativo y su funcionamiento es el inverso. Un rotor excéntrico dotado de ranuras gira en una cámara cilíndrica. En las ranuras se deslizan aletas, que son empujadas contra la pared interior del cilindro por el efecto de la fuerza centrífuga, garantizando así la estanqueidad de las diversas cámaras. Las cámaras se llenan de aire a presión empujando las aletas contra la pared del cilindro y moviendo el eje del motor.

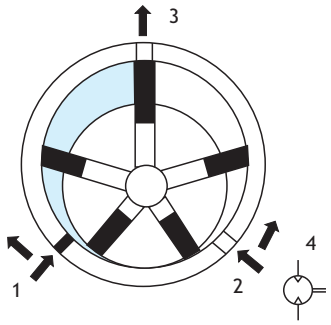
En otros tipos de motores, las aletas son empujadas por la fuerza de resortes. Por regla general, estos motores tienen de 3 a 10 aletas que forman las cámaras en el interior del motor. En las cámaras actúa el aire a presión en función de la superficie de ataque de las aletas. El aire entra en la cámara más pequeña y se dilata a medida que el volumen de la cámara aumenta, produciendo el giro del motor. La velocidad del motor varía entre 3 000 y 8 500 rpm. Los motores permiten el giro a derechas y el giro a izquierdas, pues disponen de una válvula que cambia la entrada del aire (figura 5.35).

Sentido de giro

Los motores de aire comprimido pueden girar en los dos sentidos.

Seguridad con motores de aire

Los motores de aire comprimido tienen un mal rendimiento energético, en cambio tienen características que ningún otro motor posee. No producen chispas en el funcionamiento, se pueden montar en zonas con gases inflamables y se refrigeran con el uso, no se gripan por calor.



1 Entrada de aire giro a derechas
2 Entrada de aire giro a izquierdas
3 Escape de aire
4 Símbolo

5.35. Motores de aletas.

7 >> Válvulas

Las válvulas son los componentes del circuito que distribuyen, regulan y controlan la presión o el caudal del aire del circuito, es decir, realizan todo el automatismo de funcionamiento del circuito. Las válvulas se colocan entre la fuente de presión y los actuadores.

Según la misión que realicen en el circuito las válvulas pueden ser:

– Válvulas distribuidoras y de mando.
– Válvulas de bloqueo y conmutación.
– Válvulas de caudal y presión.
– Válvulas proporcionales.

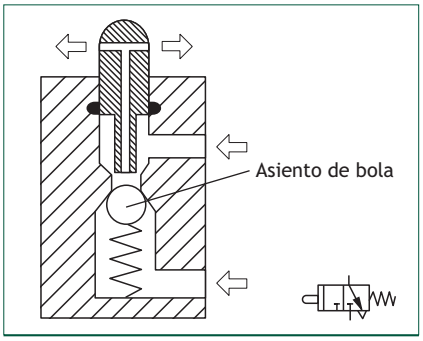
7.1 > Válvulas distribuidoras y de mando

Las válvulas distribuidoras se emplean para canalizar la circulación del aire en los circuitos. La válvula, cuando es accionada, abre y cierra los conductos internos que dispone. Con ello se consigue alimentar con presión los actuadores y facilitar el escape del aire.

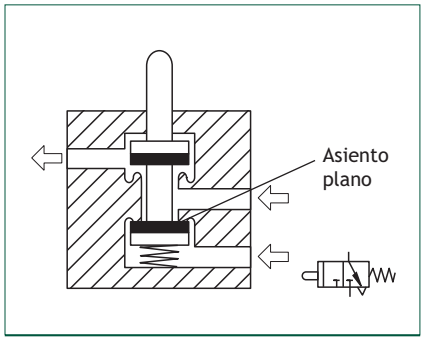
Los sistemas y dispositivos de cierre que emplean las válvulas internamente son los siguientes:

– Válvulas de asiento: esférico, disco y plano.
– Válvulas de corredera: émbolo, émbolo y cursor, y disco giratorio.

En la figura 5.36 se representa la sección de una válvula de asiento esférico y bola; y en la figura 5.37, la válvula seccionada es una de asiento plano.



5.36. Válvula 3/2 vías, cerrada en reposo, asiento de bola.

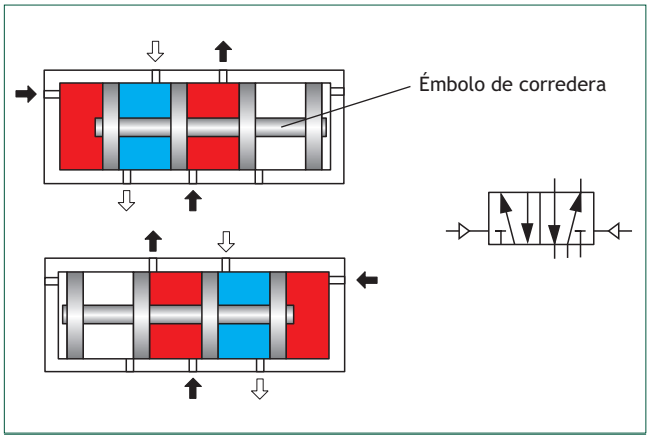


5.37. Válvula 3/2 vías, cerrada en reposo, asiento plano.

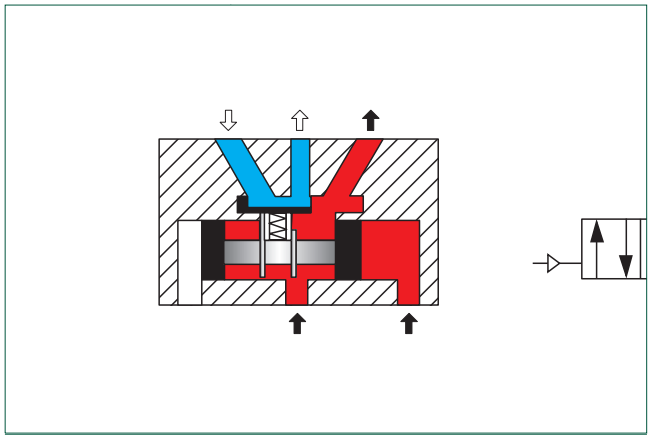
En las válvulas de corredera los conductos se abren y cierran por medio de una corredera de émbolo (figura 5.38), una corredera plana de émbolo (figura 5.39) o una corredera giratoria.

El elemento de mando de la válvula de corredera es un émbolo que se desplaza en sentido longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos. La fuerza de accionamiento que se necesita para desplazar el émbolo es pequeña.

Las válvulas de corredera son muy empleadas en las válvulas neumáticas e hidráulicas. Su mecanismo es sencillo y permite accionamientos eléctricos, neumáticos y manuales, etc.



5.38. Válvula 5/2 con accionamientos neumáticos.



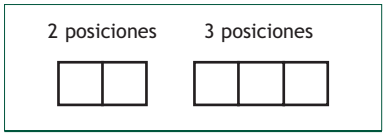
5.39. Válvula 4/2 con accionamientos neumáticos.

Simbología

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de los circuitos se utilizan símbolos. Los símbolos no informan sobre el diseño constructivo de la válvula, materiales ni tipo de asiento. El símbolo indica gráficamente el número de vías de entrada y de salida, las posiciones que pueden tener y cómo se realiza su accionamiento: de forma manual, eléctrica, neumática, etc.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados: 2 cuadros corresponden a 2 posiciones, 3 cuadros corresponden a 3 posiciones.

El funcionamiento y paso del fluido se representa esquemáticamente en el interior de los cuadrados mediante líneas, flechas, puntos, etc. Las siguientes tablas resumen la simbología utilizada para las válvulas.



5.40. Posiciones de las válvulas distribuidoras.

Símbolo	Significado	Símbolo
Líneas	Tuberías o conductos	
Flechas	Sentido de circulación del fluido	
Líneas transversales	Posiciones de cierre	
Punto	Unión de conductos o tuberías	
Trazos unidos a la casilla	Conexiones de entradas y salidas	

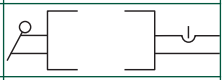
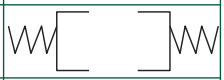
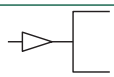
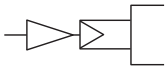
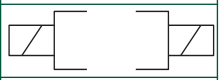
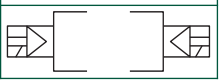
Vías	Significado
A, B, C	Tuberías o conductos de trabajo
P	Entrada de presión
R, S, T	Salidas de escape
Z, Y, X	Tuberías o conductos de pilotaje

Válvulas de corredera con accionamiento neumático doble

Estas válvulas, para poder cambiar de posición, necesitan ser alimentadas con presión por un lado, y que el otro accionamiento se encuentre sin presión, en posición de escape.

Accionamiento

Las válvulas necesitan un accionamiento para cambiar de posición. El símbolo del accionamiento y del retroceso a posición inicial se representa en el lateral de los cuadros.

Tipo de accionamiento	Elementos	Símbolo
Manual	Accionamiento en general	
	Pulsador	
	Palanca con enclavamiento	
	Pedal	
Mecánico	Retorno con muelle	
	Centrado por muelle	
	Por rodillo	
	Rodillo abatible	
Neumático	Directo	
	Indirecto (servopilotado)	
Electrónico	Con simple bobina	
	Con doble bobina	
Combinado	Con doble pilotaje y accionamiento manual auxiliar	

Casos prácticos

Simbología en las válvulas

•• Indica las características de válvula de las figuras siguientes:

5.41. Válvula 1.

5.42. Válvula 2.

Solución •• La imagen de la figura 5.41 es una válvula distribuidora de cinco vías y dos posiciones. El accionamiento que dispone es doble en los dos sentidos, eléctrico y neumático.

La válvula de la figura 5.42 es una válvula distribuidora de cinco vías y dos posiciones, con un accionamiento por palanca manual y bloqueo por trinquete.

7.2 > Válvulas de bloqueo y conmutación

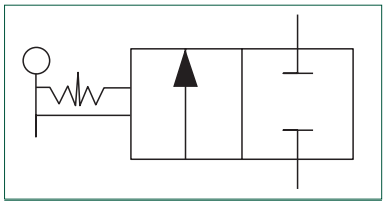
Las válvulas de bloqueo se colocan en las canalizaciones para controlar el paso del fluido.

Las válvulas de bloqueo más empleadas son las siguientes:

– Válvulas de apertura y cierre de un circuito.
– Válvula antirretorno.
– Válvula de escape rápido.
– Válvulas selectoras.
– Válvulas de simultaneidad.

Válvulas de apertura y cierre de circuito

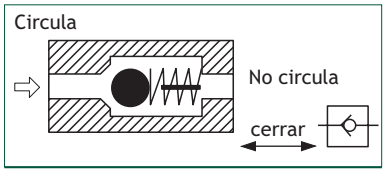
Las válvulas de apertura y cierre son válvulas de dos vías y dos posiciones. Se colocan en la entrada del circuito posibilitando el cierre de la entrada del aire con facilidad y seguridad.



5.43. Válvula de 2 vías, 2 posiciones, accionamiento y palanca.

Válvula antirretorno

Las válvulas antirretorno impiden el paso del aire en un solo sentido. En el sentido contrario, el aire circula libremente, con una pérdida de presión mínima. La obturación de la circulación se puede conseguir mediante un cono, una bola, un disco o una membrana (figura 5.44).

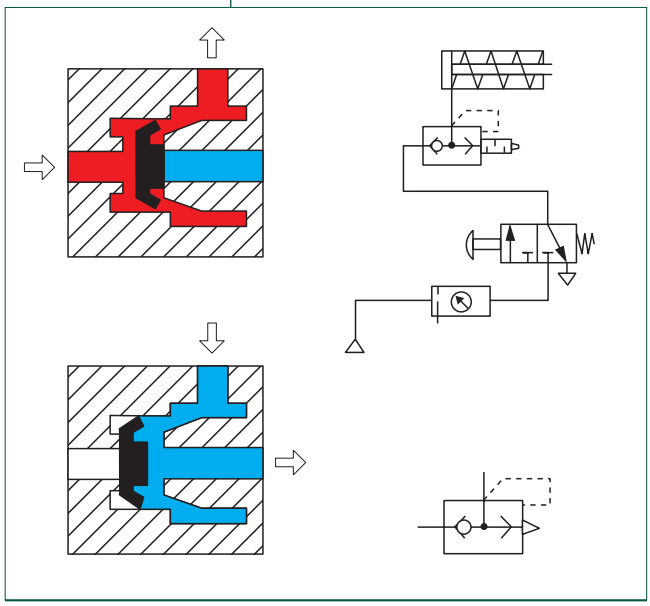


5.44. Sección de una válvula antirretorno con bola y muelle.

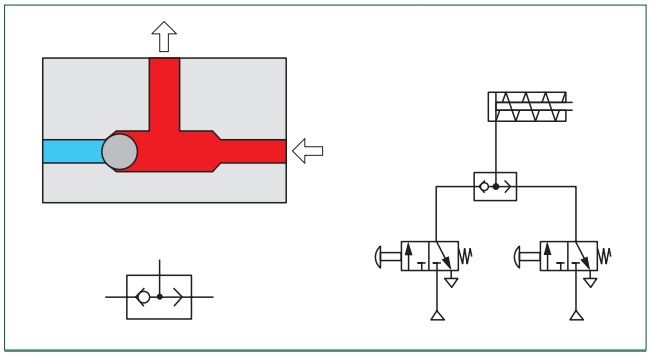
Válvula de escape rápido

La válvula de escape rápido se emplea para expulsar con rapidez el aire de un cilindro. Permite aumentar la velocidad de los émbolos de los cilindros. Empleando válvulas de escape rápido se ahorran tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto. Se monta directamente en el cilindro o lo más cerca posible de la entrada del cilindro. La válvula tiene un empalme de alimentación bloqueable P, un escape bloqueable R y una salida A para alimentar el cilindro.

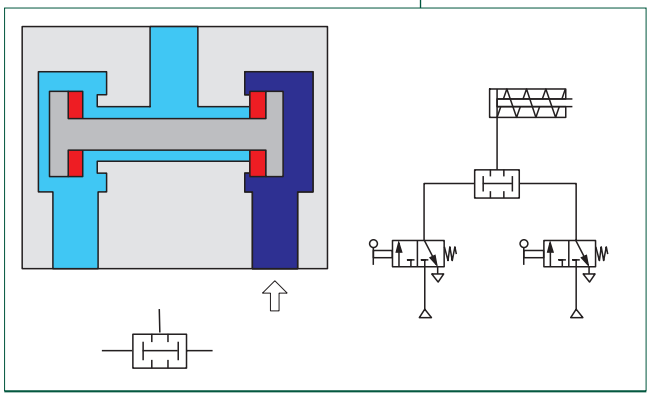
Cuando se aplica presión al empalme P, la junta se desliza y cierra el escape R. El aire comprimido circula hacia la alimentación A. Si se deja de alimentar con aire comprimido por la toma de alimentación P, el aire proveniente de la toma A (salida/entrada del cilindro) empuja la junta contra el empalme P cerrándolo. De este modo permite el escape rápido del aire por la salida R, sin necesidad de recorrer los conductos largos y estrechos hasta la válvula de mando.



5.45. Válvula de escape rápido.



5.46. Válvula selectiva. Función O.



5.47. Válvula de simultaneidad. Función Y.

Válvulas selectoras. Función O

Las válvulas selectoras se colocan en los circuitos para poder comandar un cilindro desde dos o más pulsadores. Las válvulas disponen de dos entradas para la alimentación y una salida de presión. Funcionan de forma similar a la válvula antirretorno: el aire entra por la entrada Y, empuja la bola y cierra la entrada X, dejando libre la salida A.

Válvula de simultaneidad. Función Y

Las válvulas de simultaneidad se emplean en los circuitos para reforzar la seguridad. Se necesitan dos entradas de presión para tener una salida de presión.

La válvula de simultaneidad (figura 5.47) al recibir la presión por la entrada Y cierra el paso en esa canalización y abre la otra entrada X para poder alimentar el cilindro del esquema. Se necesita pulsar la otra válvula 3/2 que tiene libre la entrada al cilindro.

7.3 > Válvulas de caudal y presión

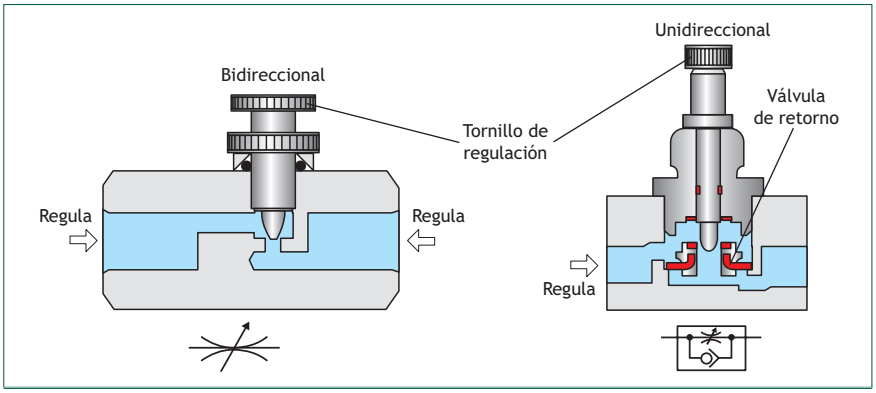
Las válvulas de caudal regulan el caudal que puede circular por un conducto. Las válvulas de presión se montan para regular y limitar la presión en el circuito.

Se diseñan y fabrican válvulas de presión para actuar como válvulas de prioridad o seguridad.

Válvulas reguladoras de caudal

Las válvulas reguladoras o estranguladores de caudal colocados en las canalizaciones permiten modificar la sección de paso del aire.

Las válvulas reguladoras pueden ser unidireccionales con antirretorno o bidireccionales. Las válvulas bidireccionales regulan el paso en los dos sentidos de la circulación y las unidireccionales regulan el paso del aire en un solo sentido (figura 5.48).



5.48. Válvulas reguladoras de caudal.

Válvula de accionamiento eléctrico

Las válvulas de corredera y accionamiento eléctrico, para cambiar de posición necesitan presión de alimentación en la válvula.

Válvula de simultaneidad

Las válvulas de simultaneidad se emplean en circuitos que comandan un cilindro de prensado. Se colocan dos válvulas de accionamiento manual que el operario debe accionar, una con cada mano; se garantiza con este diseño que no puede bajar y pillarle una mano.

Casos prácticos

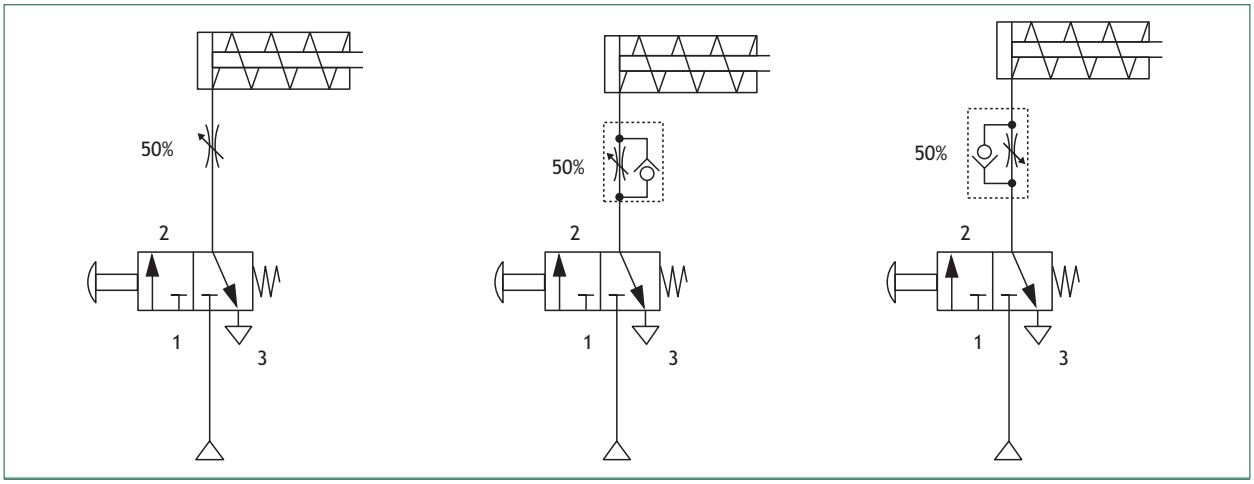
Válvulas estranguladoras de caudal bidireccionales y unidireccionales en los circuitos

•• Monta un circuito neumático con un cilindro de simple efecto accionado por una válvula 3/2 con accionamiento manual y retroceso por muelle. Al circuito monta tres reguladores de caudal: uno bidireccional y otros dos unidireccionales con válvula antirretorno.

Solución •• En el primer caso, el regulador limita el paso del aire en los dos sentidos: entrada y salida. La velocidad del émbolo se regula en la entrada y salida cerrando el paso del estrangulador.

En el segundo caso, el regulador limita solamente la entrada del aire. El escape del aire no pasa por el estrangulador, pasa por la válvula antirretorno.

En el tercer caso, se monta el mismo regulador, pero en posición cambiada, lo que permite que la entrada del aire al cilindro pase por la válvula antirretorno sin regulación. La entrada del cilindro se regula con el estrangulador.



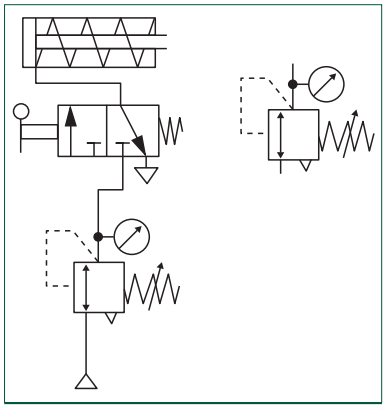
5.49. Válvulas bidireccionales y unidireccionales en distintos circuitos.

Válvula reguladora de presión

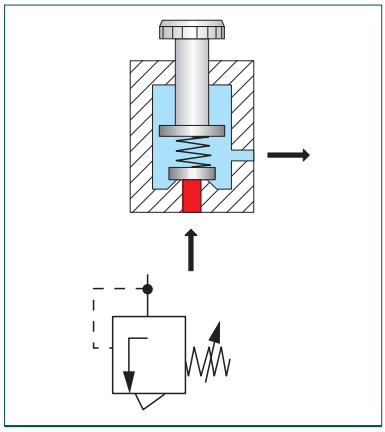
La válvula reguladora o regulador de presión se emplea para mantener una presión regulada y constante en la red, salida del calderín, unidad de mantenimiento, etc. La presión de entrada mínima debe ser siempre superior a la presión regulada de salida.

Válvula limitadora de presión

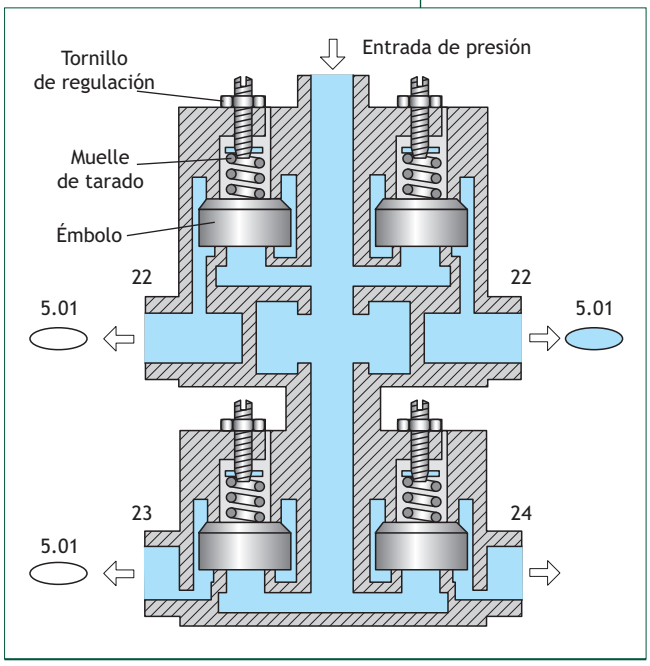
Estas válvulas se emplean como válvulas de seguridad o válvulas de sobrepresión (figura 5.50). La válvula no permite que la presión en el circuito sobrepase el valor de tarado de la válvula. Si en la entrada de presión se alcanza esta presión, se abre el platillo y el aire sale al exterior. La válvula permanece abierta hasta que la fuerza del muelle supera la fuerza que realiza la presión y cierre la entrada. Existen dos tipos de válvulas limita-



5.50. Circuito neumático con válvula reguladora de presión.



5.51. Válvula reguladora de presión seccionada y símbolo.



5.52. Válvula de cuatro circuitos.

5.53. Válvula proporcional.

doras, las válvulas con un tarado fijo, por ejemplo, de 10 bar y las válvulas con un tarado regulable, por ejemplo de 5 a 10 bar. Estas válvulas disponen de un tornillo de regulación, que permite aumentar la presión de tarado. Las válvulas limitadoras se colocan en los calderines para garantizar la seguridad del calderín.

Válvulas de secuencia

El funcionamiento de las válvulas de secuencia es muy similar al de una válvula limitadora de presión. La válvula abre el paso cuando se alcanza una presión superior a la ajustada mediante el muelle de tarado. El aire circula desde la entrada hacia las salidas (22, 23 y 24). Las salidas no se abren hasta que en el conducto de mando no se ha formado una presión superior a la ajustada en cada salida. El émbolo de mando abre el paso en cada salida, permitiendo que hasta que no se alcance la presión de trabajo el circuito no funcione y también permite la prioridad de un circuito sobre otro (frenos sobre suspensión).

La válvula de cuatro circuitos (figura 5.52) montada en los circuitos neumáticos de los camiones es una válvula de secuencia.

7.4 > Válvulas proporcionales

Las válvulas proporcionales regulan de forma continua la presión de salida, en función de una señal eléctrica que reciben.

Por ejemplo, una válvula proporcional montada en un circuito puede regular la presión a 1 bar, 2 bar, 3 bar, 5 bar, etc., según la tensión de alimentación que reciba y variar esta continuamente.

Se montan válvulas proporcionales en los circuitos neumáticos de frenos en los camiones modernos. La válvula montada en el eje delantero permite modificar continuamente la presión de alimentación de los cilindros de freno. La válvula proporcional está alimentada eléctricamente por el módulo de gestión del sistema de frenos. El módulo, según la fuerza de frenado que se necesite, alimentará con tensiones proporcionales la presión necesaria para frenar.

Por ejemplo, en un camión cargado y con frenado fuerte, el módulo excitará con 10 V que permitirán una presión de 10 bar en la salida de la válvula.

En cambio, un camión descargado y con frenado suave, el módulo alimentará con una tensión inferior a 2 V y una presión disponible de 2 bar.

Empleando este tipo de válvulas se consigue adaptar la presión a necesidades del mecanismo.

Las válvulas proporcionales también se pueden controlar variando la intensidad de alimentación. Por ejemplo, 1 A – 1 bar, 3 A – 3 bar, etc.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Enumera los componentes que dispone un circuito neumático.

2·· Explica las propiedades que presenta el aire comprimido en los circuitos.

3·· ¿Qué misión realiza el compresor en los circuitos? Explica el funcionamiento de un compresor de pistones.

4·· Explica cómo se realiza la lubricación y refrigeración en un compresor de pistones.

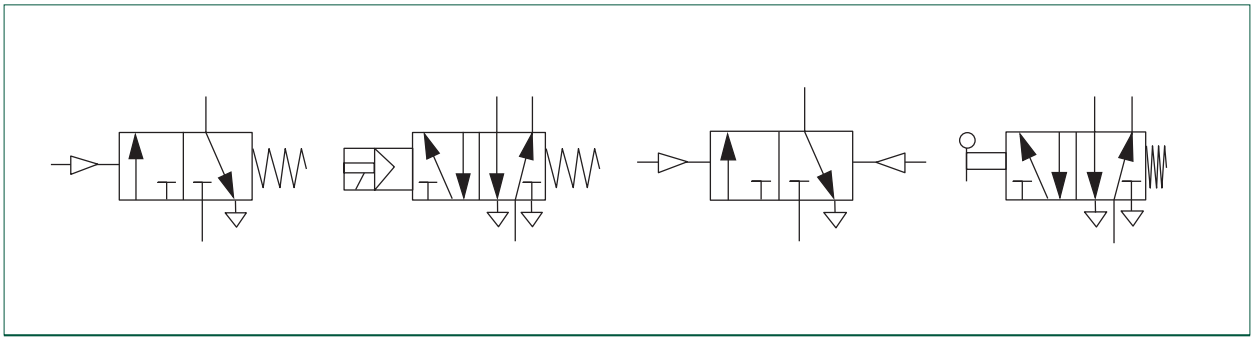
5·· Explica los tratamientos que se realizan al aire comprimido antes de su utilización y los componentes que se emplean.

6·· ¿Qué función realiza el acumulador en los circuitos?

7·· Explica la misión de los cilindros; nombra los más empleados y sus principales características.

8·· Explica la misión de las válvulas distribuidoras y los tipos de asientos que emplean.

9·· Indica qué tipo de válvula se representa con cada uno de los símbolos de la siguiente figura:



5.54. Válvulas.

10·· Explica el funcionamiento de una válvula proporcional.

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza la revisión del compresor del taller. Cambia el filtro de aspiración y comprueba el nivel de aceite. Purga el agua del calderín.

2·· Revisa y regula las unidades de mantenimiento. Regula las presiones de salida y comprueba el aceite del lubricador.

3·· Monta en un panel un circuito con un cilindro de doble efecto, comandado con una válvula 5/2 manual.

4·· Monta estranguladores de caudal en los escapes del circuito anterior y regula la velocidad de salida del émbolo.

5·· Monta una válvula selectora O en un circuito de un cilindro de simple efecto con válvulas 3/2 accionadas manualmente y con retorno por muelle.

Caso final

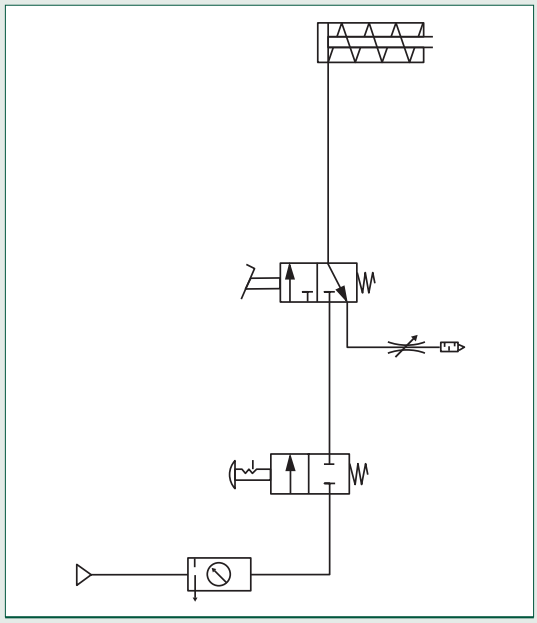
Reparación del circuito neumático de una prensa

•• El circuito neumático de una prensa (figura 5.55) dispone de los siguientes componentes:

- Un cilindro de simple efecto.
- Una válvula distribuidora 3/2 con retorno por muelle y accionamiento por pedal.
- Una válvula estranguladora para controlar la velocidad de retroceso y un silenciador.
- Una válvula de puesta en marcha 2/2 con accionamiento manual y trinquete.
- Una toma de presión con una unidad de mantenimiento.

El circuito tiene una fuga de aire en el cilindro de simple efecto por rotura de una culata y es necesario cambiarlo por uno de las mismas medidas.

- Diámetro del émbolo de 32 mm.
- Carrera de 100 mm.



5.55. Circuito con cilindro de simple efecto.

El suministrador de componentes te comunica que no dispone de un cilindro de simple efecto de esas medidas, pero sí tiene uno de doble efecto con un diámetro de 32 mm y una carrera de 100 mm y te propone montarlo en el circuito hasta que tenga disponible un cilindro de simple efecto.

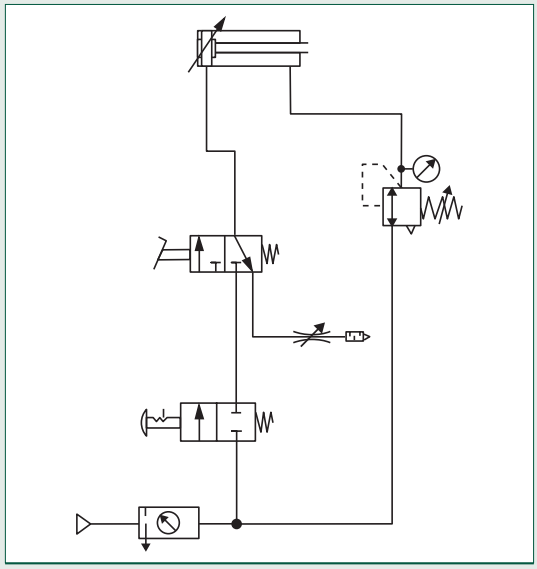
Repara el circuito neumático de la prensa sustituyendo los elementos proporcionados por el suministrador de repuestos.

Realiza con ayuda del programa FluidSIM-P el esquema neumático para comprobar su funcionamiento.

Solución ••

Para montar un cilindro de doble efecto y que funcione como un simple efecto necesitas alimentar la cámara de retroceso con una presión mínima. Para ello, debes emplear una válvula reguladora de presión y se realizará su tarado a 1 bar de presión. Esta presión sustituye al muelle de retroceso del circuito anterior para que el circuito funcione con normalidad. El resto de componentes del circuito deben quedar como en el esquema de la figura 5.56.

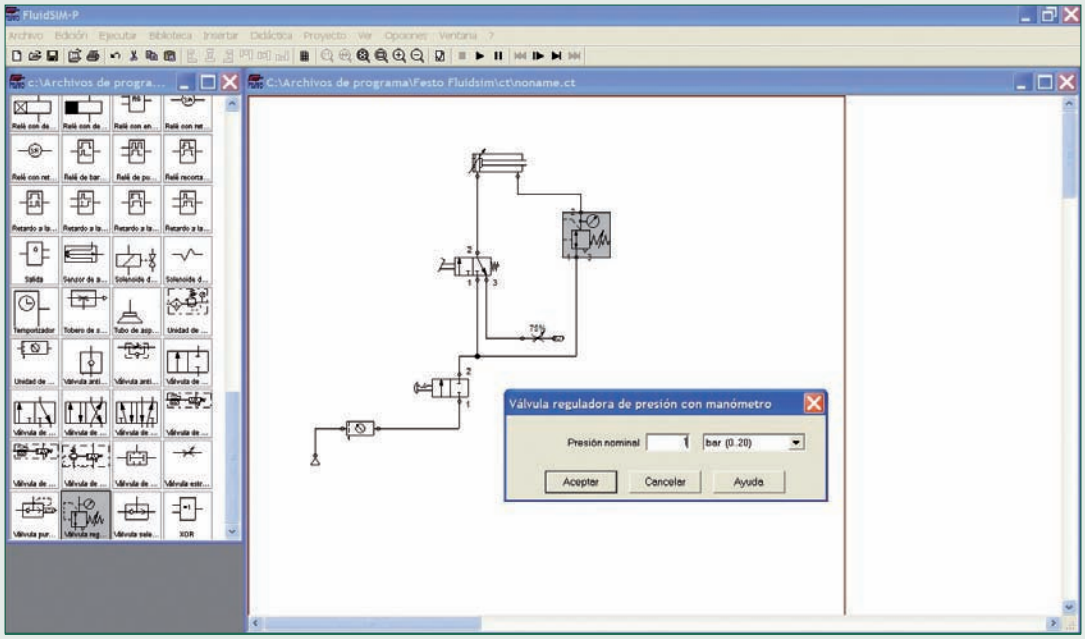
Recuerda que la fuerza que realiza la presión de 1 bar en la cámara pequeña es una fuerza similar al muelle de retroceso del cilindro. Si la fuerza de regulación fuese menor que la fuerza del muelle se puede aumentar la presión en la unidad de mantenimiento. Subiendo 1 bar la presión en la unidad de mantenimiento, la fuerza que realiza el cilindro será mayor que la que realiza el cilindro de simple efecto.



5.56. Circuito final.

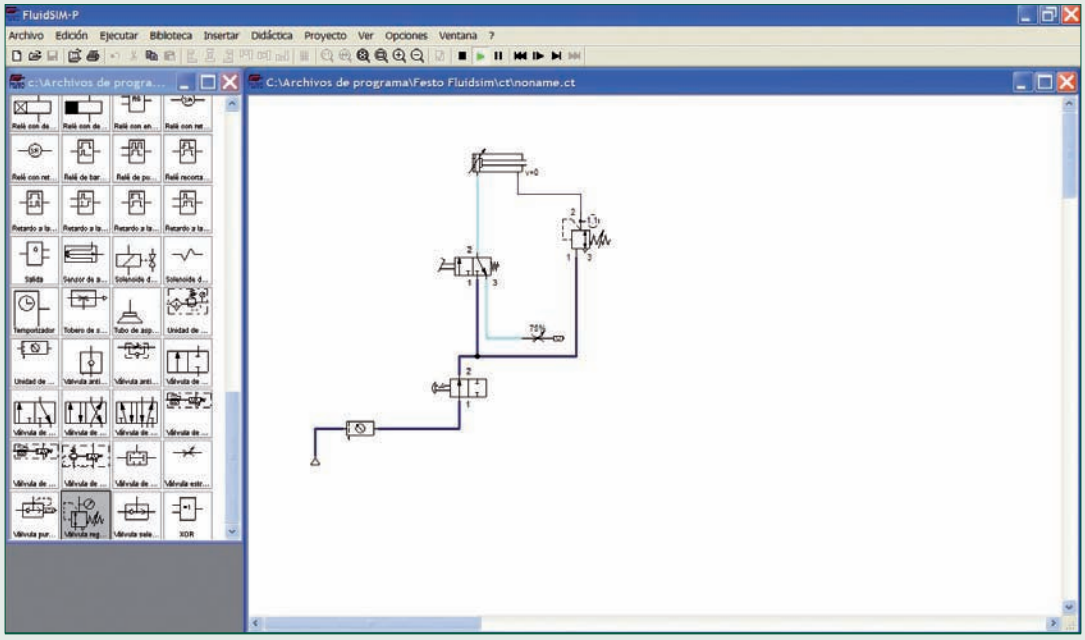
Simulación del funcionamiento de los dos circuitos, empleando el programa de diseño FluidSIM de Festo.

- Diseña el circuito neumático con el cilindro de doble efecto de la prensa (figura 5.57). Regula la presión de la válvula a 1 bar.



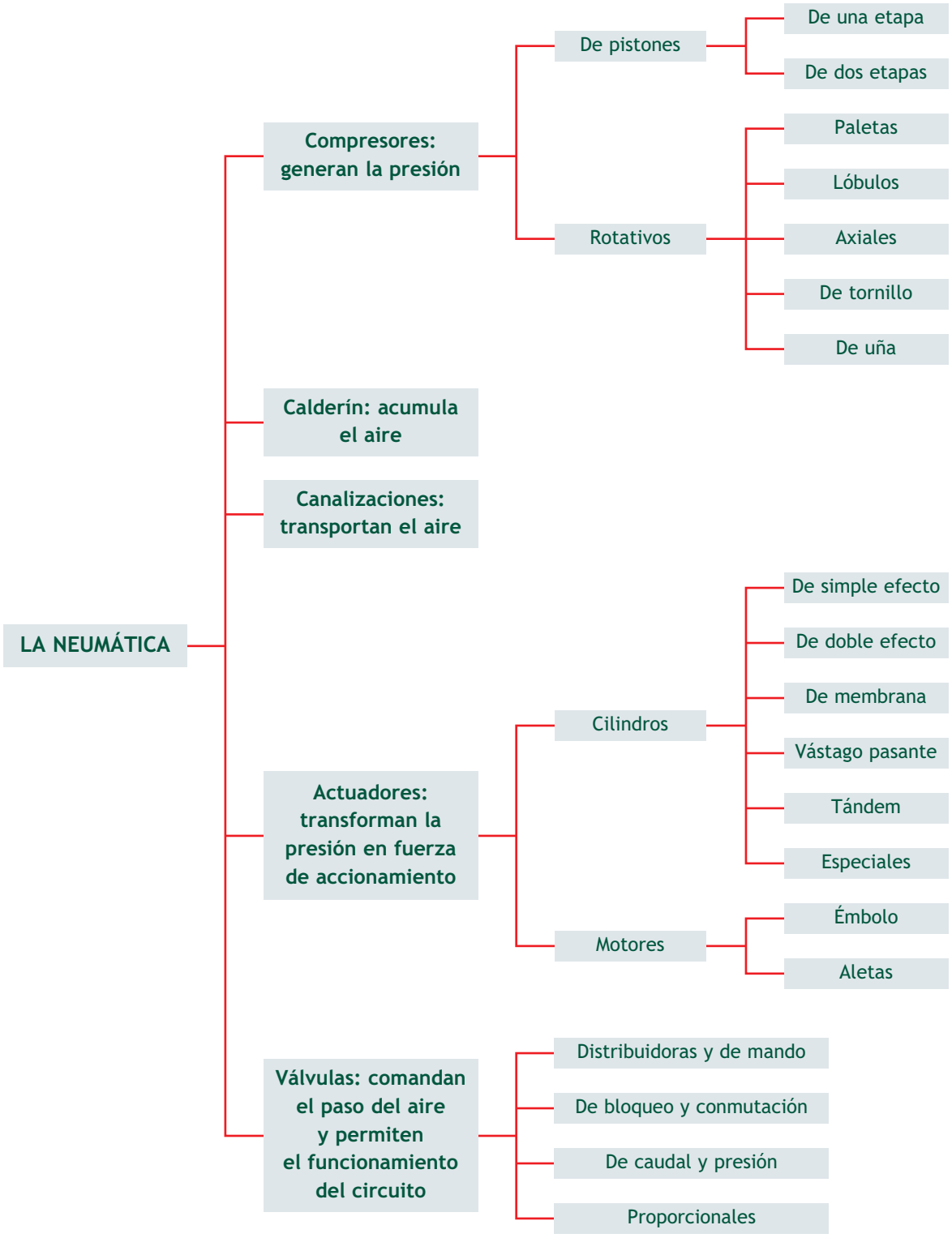
5.57. Circuito de la prensa diseñado en el FluidSIM.

- Simula el funcionamiento del circuito (figura 5.58). El circuito funciona bien y se puede montar.



5.58. Funcionamiento de circuito.

Ideas clave


LA NEUMÁTICA
Compresores: generan la presión
De pistones
De una etapa
De dos etapas
Rotativos
Paletas
Lóbulos
Axiales
De tornillo
De uña
Calderín: acumula el aire
Canalizaciones: transportan el aire
Actuadores: transforman la presión en fuerza de accionamiento
Cilindros
De simple efecto
De doble efecto
De membrana
Vástago pasante
Tándem
Especiales
Motores
Émbolo
Aletas
Válvulas: comandan el paso del aire y permiten el funcionamiento del circuito
Distribuidoras y de mando
De bloqueo y conmutación
De caudal y presión
Proporcionales

FESTO COOPERA CON LA INDUSTRIA AUTOMOVILÍSTICA

Festo, con una experiencia de más de 40 años en componentes estándar y en neumática para aplicaciones específicas de la industria automovilística, se ha convertido en la marca de confianza de los fabricantes de automóviles. Sea cual sea el lugar que elija para establecer un centro de producción, Festo está allí, porque tiene representación internacional, lo que significa vías de contacto rápidas, asistencia inmediata de mantenimiento y componentes disponibles en el menor tiempo posible.

También los proveedores y los fabricantes de maquinaria y sistemas apuestan por la colaboración con Festo: valoran la calidad y el soporte continuo que se aprecian en todas las fases de la cadena de agregación de valor, desde el inicio de la planificación hasta el momento de la producción. El resultado son productos innovadores y de confianza, así como prestación de servicios a medida. No importa si se trata del sector de prensas, de la fabricación de carrocerías, cabinas de aplicación de pintura, líneas de montaje o la fabricación de motores: Festo coopera en todos los procesos de la industria automovilística.

Desde siempre, la industria automovilística ha sido uno de los sectores más importantes para Festo. Desde una fecha tan temprana como 1955, Daimler Chrysler se convirtió en el primer cliente de Festo en el sector del automóvil. Los conocimientos técnicos reunidos durante décadas van estrechamente ligados a la «Gestión automovilística» establecida en la casa matriz de Esslingen. Los *Key Account Managers* («Gestores de asistencia») dan asesoramiento mientras duren los proyectos a los clientes finales, fabricantes de sistemas y proveedores.

En todas las compañías nacionales de Festo, entendidos expertos del automóvil se encargan de prestar asistencia y asesoramiento a nuestros clientes en el mundo entero. Esto resulta muy ventajoso para los clientes con presencia internacional, como es el caso de la industria automovilística, ya que pueden disfrutar de una comunicación rápida y directa con la empresa.

Neumática: el principio que pone los automóviles en movimiento

En calidad de colaborador en la industria automovilística, Festo acompaña los procesos de producción del sector en todo el mundo. En este contexto, un manejo seguro y económico de las planchas en el sector de las prensas tiene un papel tan importante como las innovadoras soluciones de automatización en la construcción de estructuras.

Otros objetivos son una preparación limpia del aire en las cabinas de aplicación de pintura, así como unas secuencias sin fallos en el montaje.

Fuente: Festo

unidad 6

Hidráulica

SUMARIO

- Características y propiedades de la hidráulica
- Funcionamiento de los componentes de los circuitos hidráulicos

OBJETIVOS

- Conocer los principios de funcionamiento de los circuitos hidráulicos: circuito con centro abierto, circuito con centro cerrado.
- Estudiar el funcionamiento básico de los componentes de los circuitos.
- Realizar prácticas de reparación y mantenimiento de circuitos hidráulicos.

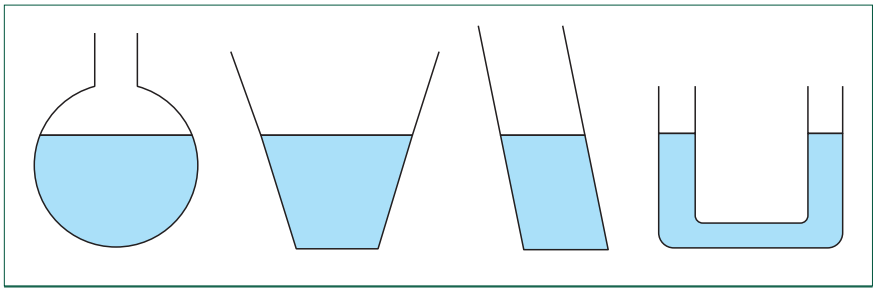
1 >> Introducción a la hidráulica

La hidráulica estudia el equilibrio y el movimiento de los líquidos y su aplicación en los circuitos que emplean los líquidos como fluido.

La hidráulica aplicada en automoción está basada en los siguientes principios de los líquidos:

– No tienen forma propia.
– Son prácticamente incompresibles.
– Transmiten la presión en todas las direcciones.
– Permiten multiplicar la fuerza aplicada.

Al no tener forma propia, los líquidos adquieren la forma del recipiente que los contiene (figura 6.1). Esta propiedad les permite circular en cualquier dirección a través de las canalizaciones y tuberías, con presión o sin presión.

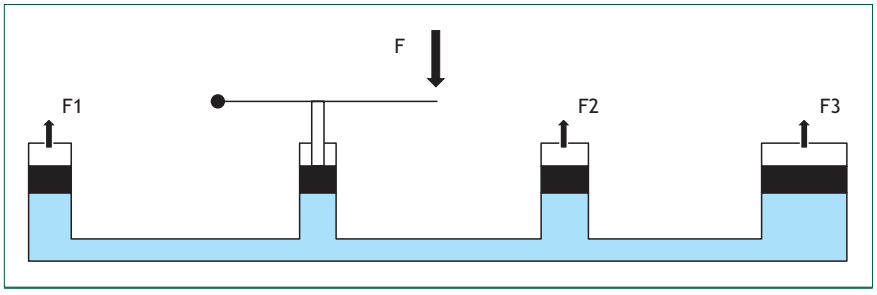


6.1. Los líquidos adquieren la forma del recipiente que los contiene.

Los líquidos son prácticamente **incompresibles** y por ello permiten la transmisión de grandes presiones y que los cilindros y motores se desplacen con mucha precisión. A su vez, los líquidos transmiten la presión en todas las direcciones (figura 6.2).

La presión en un circuito hidráulico se transmite por medio del líquido a todas las partes del circuito que se encuentren comunicadas por una canalización.

Los líquidos contenidos en circuitos hidráulicos permiten multiplicar la fuerza aplicada entre émbolos de distintas superficies. En el circuito hidráulico de la figura 6.2 y aplicando el principio de Pascal se puede multiplicar la fuerza aplicada en el émbolo, dependiendo siempre de las secciones de los émbolos que intervienen en el circuito.



6.2. Circuito hidráulico.

Hidráulica y oleohidráulica

La hidráulica engloba todos los circuitos que emplean líquidos como fluido, aunque sería más correcto emplear hidráulica únicamente para los circuitos que emplean agua y oleohidráulica para los circuitos que emplean aceite que, en realidad, son la mayoría.

Prensa hidráulica

La prensa hidráulica fue inventada por el ingeniero británico Joseph Bramah en el año 1796.

Los primeros circuitos hidráulicos se emplearon para realizar elevadores manuales y prensas.

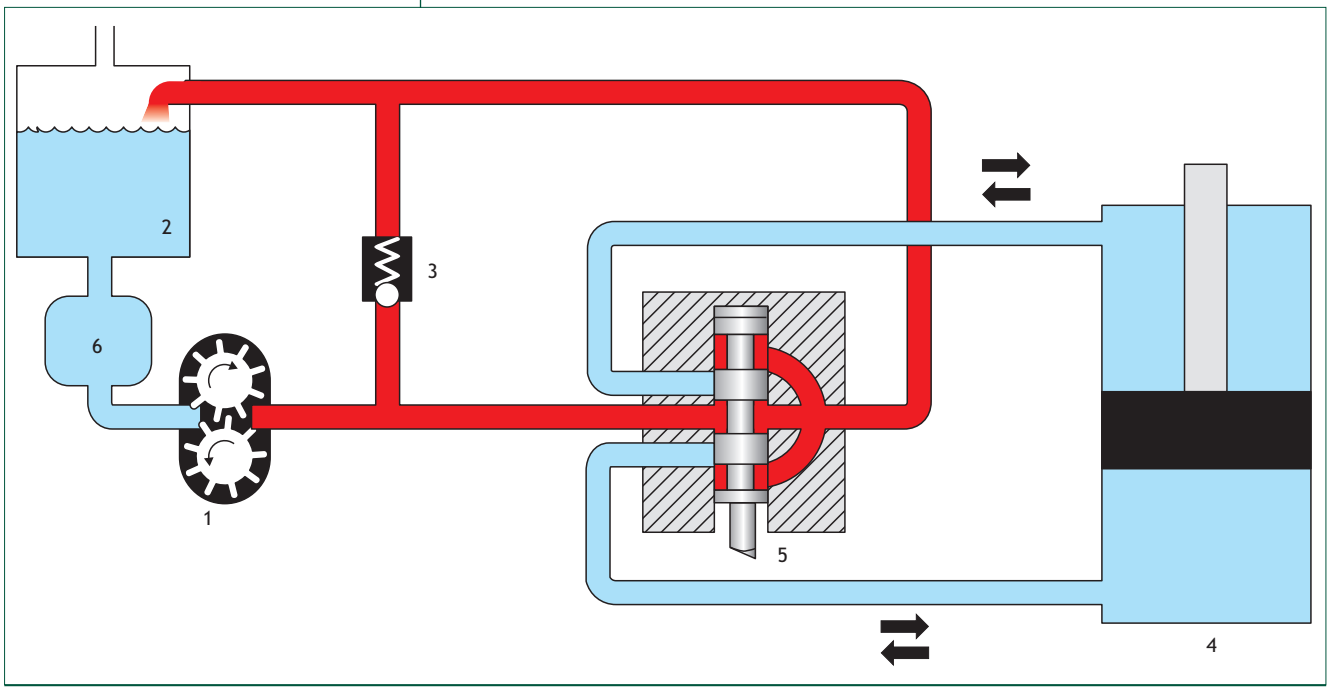
La prensa hidráulica es el mecanismo que mejor refleja las propiedades de la hidráulica. Con una fuerza relativamente pequeña aplicada en el émbolo menor, se pueden conseguir grandes esfuerzos en el émbolo de mayor tamaño.

Actualmente la hidráulica se emplea cada vez más en los vehículos. Ejemplo de ello es el circuito de frenos, la dirección asistida, circuito de inyección, grúas, palas cargadoras, plataformas elevadoras, etc.

Un circuito hidráulico básico está formado por los siguientes componentes:

– **La bomba hidráulica.** Encargada de generar el caudal de aceite que circula por el circuito.
– **El depósito del aceite.** Almacena el aceite, ayuda en su limpieza y enfriamiento.
– **La válvula limitadora de presión.** Protege el circuito de las sobrepresiones y permite que el aceite vuelva al depósito al llegar el émbolo al final de su carrera. La válvula se encuentra tarada a una presión de apertura y se abre al sobrepasarla, en muchas bombas de caudal constante se coloca en la propia bomba. Por ejemplo en las bombas de la dirección asistida.
– **El cilindro.** Recibe el caudal y la presión del aceite y lo transforma en fuerza.
– **La válvula distribuidora.** Canaliza el aceite para la entrada y salida del émbolo.
– **El filtro.** Retiene las partículas abrasivas que pueda contener el aceite.

1 Bomba
2 Depósito
3 Válvula de seguridad
4 Cilindro hidráulico
5 Válvula de control
6 Filtro



6.3. Circuito hidráulico básico con centro abierto.

Propiedades de la hidráulica

La hidráulica se emplea en circuitos y conjuntos mecánicos en los que ni la neumática ni los motores eléctricos son efectivos. Las propiedades más importantes de la hidráulica son las siguientes:

– Los circuitos hidráulicos se emplean para transmitir grandes esfuerzos y giros. La presión de los circuitos hidráulicos es muy superior a la presión de trabajo de los circuitos neumáticos, pudiendo alcanzar presiones de 200 a 250 bar.
– La hidráulica permite realizar desplazamientos y giros muy precisos.
– La conexión y desconexión de elementos hidráulicos se realiza con facilidad, empleando enchufes rápidos.
– Los mecanismos accionados hidráulicamente tienen menos piezas en movimiento que otros dispositivos, como correas, cadenas o engranajes, y las sobrecargas se controlan más fácilmente, empleando válvulas limitadoras de presión.
– Los mecanismos hidráulicos se autolubrican y refrigeran con su aceite.
– Es empleada en grúas, vehículos telescópicos y mecanismos precisos.
– Los actuadores hidráulicos se pueden colocar en cualquier parte del vehículo o remolque y realizar una fuerza en ese punto de un modo muy sencillo y seguro.
– Los circuitos hidráulicos emplean más canalizaciones que los neumáticos. En los circuitos hidráulicos es necesario recoger el retorno y fugas de aceite.
– Los circuitos hidráulicos necesitan limpieza y mantenimiento. Es necesario sustituir los filtros y el aceite en los periodos recomendados.

Usos de circuitos hidráulicos

Los circuitos hidráulicos se emplean para bascular plataformas y remolques, en los motores de las hormigoneras, en los motores de accionamiento de máquinas tipo oruga, etc.

Casos prácticos

Funcionamiento del circuito hidráulico de frenos

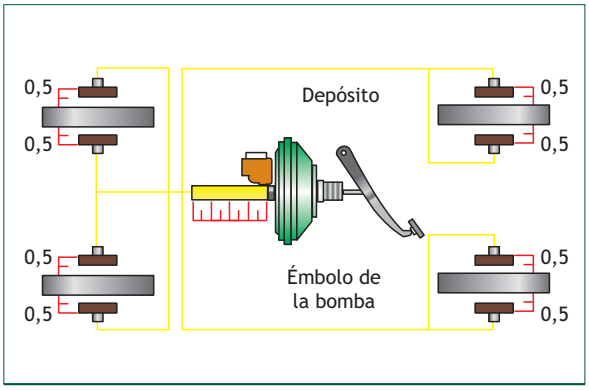
•• Analiza cómo funciona el circuito hidráulico de frenos de un automóvil teniendo en cuenta el principio de Pascal.

Solución ••

La distancia recorrida y la fuerza generada por cada émbolo de las pinzas de frenos depende de su superficie comparada con la superficie del émbolo de la bomba de frenos la cual genera la fuerza.

Por ejemplo, si el émbolo de la bomba de frenos se desplaza hasta la mitad de su recorrido (punto 2) cada émbolo de las pinzas de frenos se desplazará la mitad de su recorrido (0,25 mm). Si el émbolo de la bomba llega hasta su final (4), los émbolos actuadores de las pinzas de frenos recorrerán hasta el disco su distancia total (0,5 mm).

$$0{,}5 \text{ mm} \cdot 8 \text{ émbolos} = 4 \text{ mm}$$

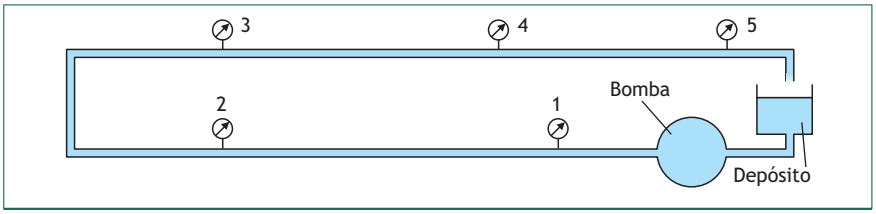


6.4. Circuito hudráulico de frenos.

2 >> Circuitos hidráulicos

Los componentes y la simbología de los circuitos hidráulicos son similares a los empleados en los circuitos neumáticos. La principal diferencia entre hidráulica y neumática es la forma de generar la presión en el circuito.

– En los circuitos neumáticos se tiene una presión constante de trabajo, que se puede reducir en caso necesario. Nunca hay más presión en el circuito que la presión de tarado del compresor.
– En los circuitos hidráulicos la bomba genera el caudal de líquido y la presión en cada punto del circuito dependerá de la resistencia que el líquido encuentre en el circuito (figura 6.5). La presión en cada uno de los cinco manómetros es distinta, mayor en el manómetro 1 y menor en el manómetro 5.



6.5. Medidas de presión en un circuito.

El tipo de bomba y las válvulas reductoras y limitadoras de presión montadas determinan el tipo de circuito.

En los vehículos con varios circuitos hidráulicos se montan dos tipos de circuitos:

– Circuito de centro abierto.
– Circuito de centro cerrado.

2.1 > Circuito hidráulico de centro abierto

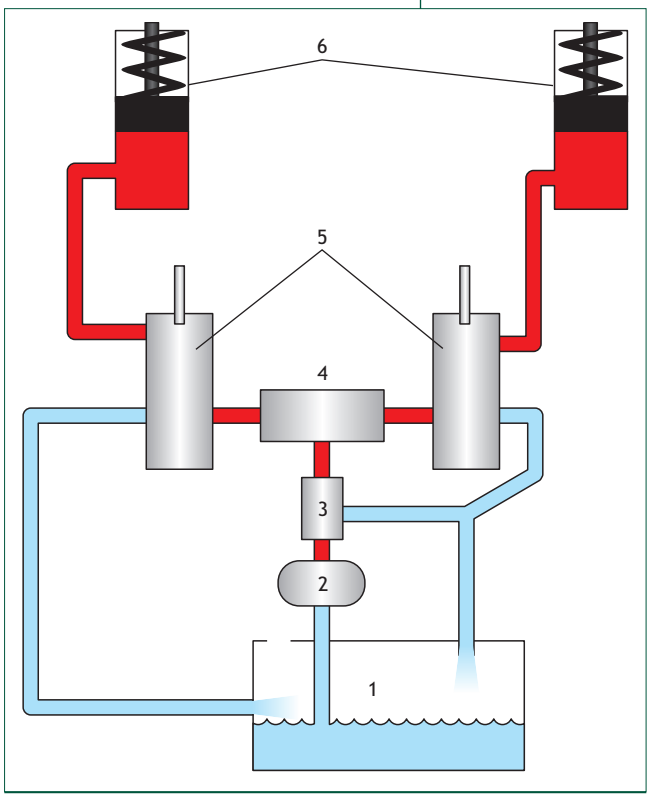
Los circuitos con centro abierto emplean bombas con un caudal de aceite constante. La bomba manda caudal de forma permanente y necesita una válvula limitadora de presión para aliviar la presión cuando el émbolo llegue al final de su carrera y para permitir también que el aceite retorne al depósito.

Las válvulas distribuidoras que se emplean tienen el centro abierto, en posición de reposo por lo que el aceite retorna al depósito. Las bombas en los circuitos abiertos trabajan de forma continua mientras funciona el circuito.

En los circuitos hidráulicos con centro abierto en los que es necesario alimentar más de un actuador se puede colocar un repartidor de caudal (figura 6.6).

El repartidor de caudal (4) recibe el aceite de la bomba y lo reparte a las válvulas distribuidoras (5).

1 Depósito
2 Bomba de caudal constante
3 Válvula de seguridad
4 Repartidor de caudal
5 Válvulas de control
6 Cilindros de acción simple

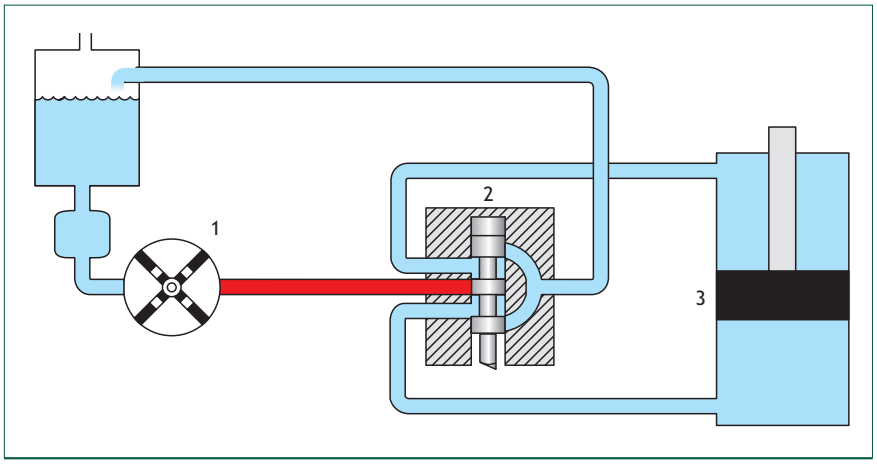


6.6. Circuito abierto.

El repartidor puede ajustarse para dar prioridad a un circuito sobre otro. En este sistema la bomba tiene que ser capaz de generar todo el caudal que se necesite en los dos circuitos funcionando a la vez, perdiendo potencia cuando solamente funciona un circuito. Con varios circuitos y muchos actuadores conectados pierden eficacia.

2.2 > Circuito hidráulico de centro cerrado

Los circuitos con centro cerrado emplean bombas hidráulicas de caudal variable, capaz de mantener la presión y reposar cuando no se necesita caudal en el circuito. Las válvulas distribuidoras empleadas tienen el centro cerrado y el aceite no retorna continuamente al depósito (figura 6.7).



6.7. Circuito de centro cerrado.

1 La bomba deja de mandar aceite en la posición neutral.

2 La válvula cierra el paso del aceite que se mantiene a la presión de trabajo.

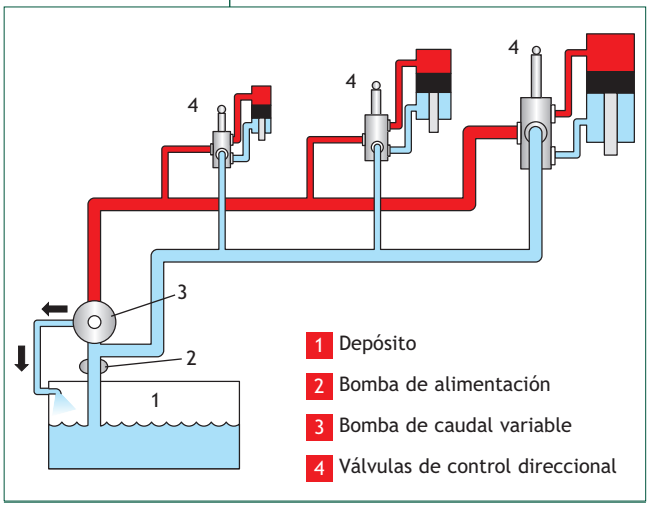
3 El aceite bloqueado mantiene el pistón inmóvil.

Cuando el émbolo llega al final de su recorrido en los circuitos cerrados, el aumento de la presión que genera en el circuito provoca un aumento de la presión interna en la bomba y el corte del caudal. La bomba sigue girando en reposo sin generar más caudal ni presión. Los circuitos cerrados no necesitan válvula limitadora de presión para proteger el circuito de excesos de presión.

Los circuitos cerrados no necesitan repartidores de caudal. Cuando es necesario alimentar varios actuadores (figura 6.8) el caudal de aceite por actuador se controla empleando los siguientes dispositivos:

– El tamaño de la tubería de alimentación.
– Válvulas dosificadoras con orificios calibrados según el caudal que necesite el actuador.

Los circuitos hidráulicos con centro cerrado se emplean en los vehículos que disponen de muchos circuitos trabajando con altas presiones y alimentados con la misma bomba, como tractores agrícolas, cosechadoras, máquinas de obras públicas, etc. En estos circuitos una bomba de caudal constante no sería capaz de alimentar todos los componentes con rapidez.



6.8. Circuito cerrado con tres cilindros.

3 >> Bombas hidráulicas

Las bombas producen un desplazamiento de líquido o caudal desde el depósito hasta otro punto del circuito.

El desplazamiento del líquido que las bombas realizan puede ser de dos tipos:

– Desplazamiento no positivo. Desplazan el líquido aumentando la velocidad de circulación en el circuito. Sin embargo, si se cierra la salida del líquido la bomba no es capaz de subir la presión y vencer la resistencia. Trabajan con presiones muy bajas. Este tipo de bomba se emplea en el circuito de refrigeración del motor.
– Desplazamiento positivo. Desplazan el líquido generando caudal. Son capaces de vencer la resistencia en la salida de la bomba generando altas presiones. Los circuitos con actuadores o motores hidráulicos emplean bombas de caudal positivo.

Las bombas de caudal positivo no generan presión en el circuito. Las bombas solamente aportan el caudal para que el líquido llegue al actuador (cilindro o motor). El émbolo del cilindro en su desplazamiento opone una resistencia a desplazarse que la bomba debe vencer provocando la presión en el circuito.

El caudal de la bomba es el volumen de líquido que entrega en un vuelta. También se conoce como cilindrada. Para medir el caudal en la unidad de tiempo se necesita conocer la cilindrada y las revoluciones por minuto. Normalmente se mide en l/min a un número de revoluciones.

Según el caudal que genera una bomba, estas se agrupan en dos categorías:

– Bombas de caudal fijo o constante. Entregan siempre el mismo volumen de aceite por unidad de tiempo. Al aumentar el número de revoluciones de la bomba, el caudal aumenta de manera proporcional al giro de la bomba.
– Bombas de caudal variable. Están diseñadas para variar el volumen de aceite que suministran. Las bombas de caudal variable disponen de un dispositivo mecánico que consigue variar la cilindrada de la bomba de forma que pueden estar girando y no suministrar caudal.

Según el diseño constructivo de las bombas, se agrupan en los siguientes tipos:

– Bombas de engranajes.
– Bombas de rotor o lóbulos.
– Bombas de paletas.
– Bombas de pistones.

3.1 > Bombas de engranajes

Las bombas de engranajes son bombas de caudal fijo. Son las bombas más sencillas de las empleadas en hidráulica. Se utilizan en circuitos sencillos y con pocos actuadores, o se emplean como bombas de carga de otras bombas más grandes.

Hermeticidad en la bomba de engranajes

La bomba de engranajes puede aspirar el aceite del depósito siempre que se encuentre bien de hermeticidad y que la distancia sea corta. En muchas reparaciones es necesario cargar y purgar la bomba.

Las bombas de engranajes pueden ser de dos tipos:

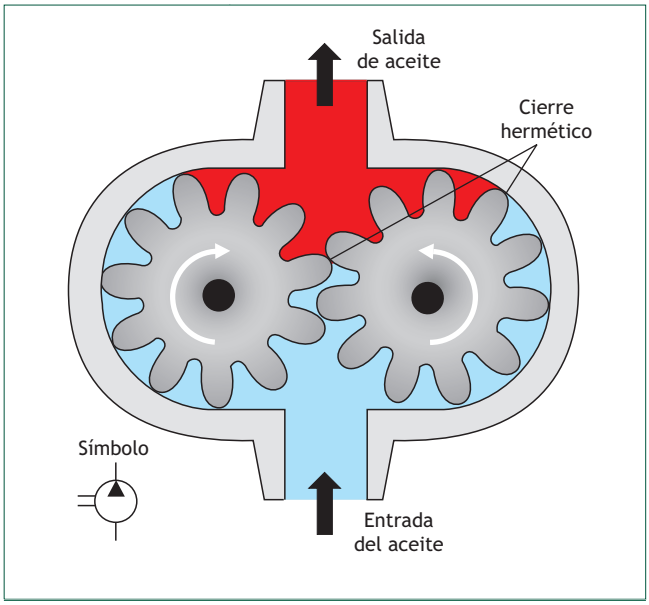
– Bombas de engranajes externos.
– Bombas de engranajes internos.

Bomba de engranajes externos

La bomba de engranajes externos dispone de dos engranajes de dentado recto colocados dentro de una caja o carcasa (figura 6.9). El eje de accionamiento de la bomba hace girar uno de los engranajes que, a su vez, obliga a girar al otro engranaje.

El cierre hermético de la bomba posibilita su funcionamiento. Este cierre se consigue con casquillos en los ejes, placas de fricción en los laterales, cierre de los dientes entre sí y ajustando la holgura de los dientes de los engranajes con la carcasa.

El funcionamiento de la bomba es sencillo: el giro de los engranajes atrapan el aceite entre los dientes y la carcasa, obligándolo a circular y desplazándolo desde la entrada hasta la salida forzando así su circulación por el circuito. La entrada de aceite a la bomba se produce por succión o gravedad desde el depósito.

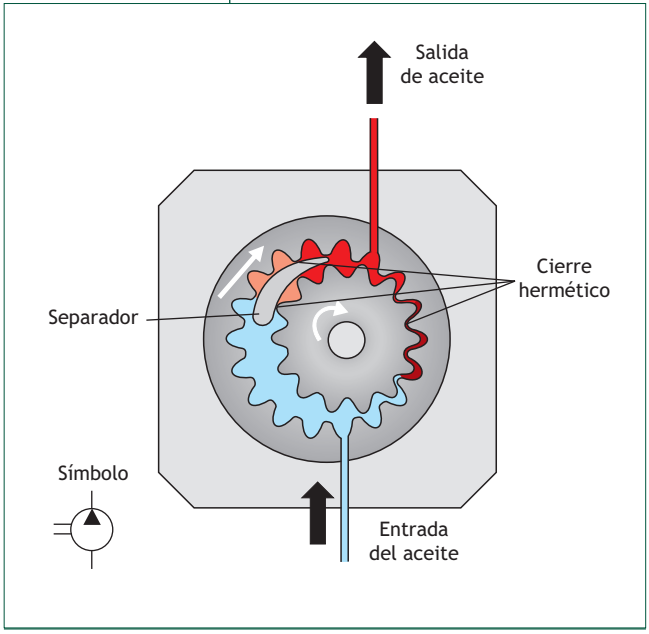


6.9. Bomba de engranajes externos.

Bomba de engranajes internos

La bomba de engranajes internos dispone de dos engranajes, uno con dentado interior y otro con dentado exterior. Ambos giran en la misma dirección movidos por el engranaje central. Los dientes del engranaje exterior entran en contacto con los dientes del engranaje interior en un lado de la bomba y en el lado opuesto se coloca un separador en forma de media luna (figura 6.10).

El funcionamiento de la bomba es similar a la bomba de engranajes externos. Se diferencia en que los dos engranajes giran en la misma dirección. El giro de los engranajes atrapa el aceite entre los dientes y el separador de media luna, empujando el aceite hasta la salida de la bomba. Al engranar de nuevo los dientes forman un cierre que impide que el aceite retroceda hacia la entrada.



6.10. Bomba de engranajes internos.

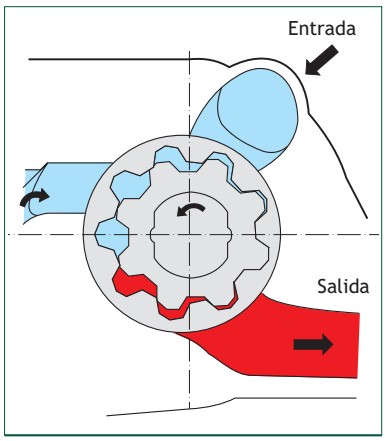
Actividades propuestas

1·· Desmonta una bomba de engranajes externos de las empleadas en motores del circuito de lubricación:

- Mide la separación que tiene entre un diente y el cuerpo de la bomba con una galga de espesores.
- Mide el caudal de la bomba empleando una probeta graduada y el aceite motor.
- La bomba dispone de una válvula limitadora de presión. Localízala y anota si es de bola o de casquillo desplazable.

Bombas de paletas equilibradas y sin equilibrar

Las bombas de paletas con caudal fijo y variable también se denominan bombas de paletas sin equilibrar. El eje de giro del rotor se encuentra descentrado y los casquillos del eje se desgastan más que en las bombas equilibradas. Las bombas de paletas equilibradas disponen de dos cámaras de generación de presión opuestas una a la otra.



6.11. Bomba de rotor.

3.2 > Bomba de rotor

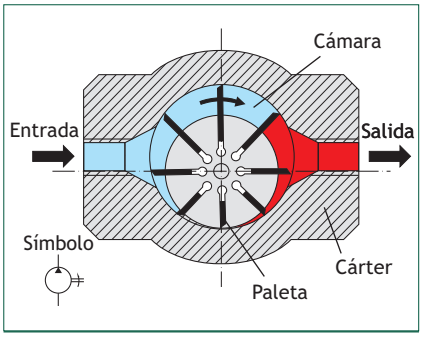
La bomba de rotor es una variante de las bombas con engranajes internos. La pieza interior se denomina rotor y la exterior, estator. Ambas giran dentro de la caja de la bomba y no necesitan separador. El funcionamiento de la bomba se produce al girar el rotor en el estator. El rotor tiene un lóbulo menos que el estator, de modo que solamente un lóbulo está totalmente engranado con el estator. A medida que los lóbulos se deslizan aspiran el aceite en una cámara y lo comprimen en la opuesta.

3.3 > Bomba de paletas

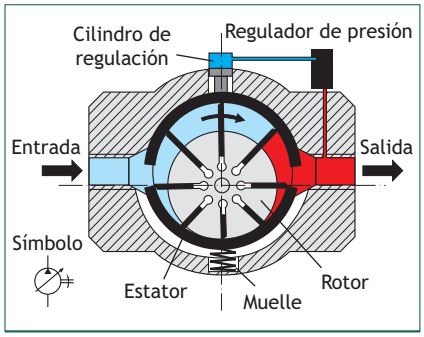
Las bombas de paletas generan el caudal por medio de un rotor ranurado con unas paletas que giran dentro de la cavidad ovalada. Las bombas de paletas pueden tener una cámara única ovalada o disponer de doble cámara. Las bombas con una sola cámara ovalada realizan un ciclo de trabajo por cada vuelta y disponen solamente de una entrada y una salida de aceite.

El caudal de las bombas de una cámara puede ser:

– Bomba de paletas de caudal fijo. Emplean los mismos principios de funcionamiento que los compresores de paletas. El rotor se encuentra descentrado con respecto a la cámara. Las paletas, al girar, se aproximan contra las paredes de la cámara, formando cavidades de volumen variable en la entrada de la bomba. El volumen de las cavidades aumenta aspirando el aceite. Con el giro y la excentricidad de la cámara, el volumen se reduce comprimiendo e impulsando el aceite en la salida de la bomba.
– Bomba de paletas de caudal variable. Emplea el mismo sistema de aspiración y expulsión que la bomba de caudal fijo. El estator se encuentra sujeto por un muelle y un cilindro de regulación. El funcionamiento de la bomba se basa en la posición que ocupe el estator, que puede modificar el volumen de las cámaras de aspiración e impulsión y colocarse concéntricamente con el rotor y no generar caudal. El caudal de la bomba se controla con el regulador incorporado en el propio cuerpo de la bomba.



6.12. Bomba de paletas de caudal fijo.



6.13. Bomba de paletas de caudal variable.

Actividades propuestas

2·· Busca el esquema de funcionamiento de una bomba de paletas de caudal fijo equilibrada y compáralo con la figura 6.12.

3.4 › Bombas de pistones

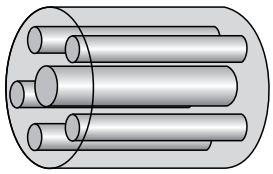
Las bombas de pistones se emplean en vehículos que necesitan para sus circuitos mucho caudal de aceite a elevada presión. Las bombas de pistones según el caudal que generan pueden ser de los siguientes tipos:

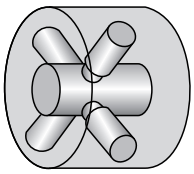
– Bombas con caudal fijo.
– Bombas con caudal variable.

Las bombas con caudal fijo o variable se agrupan por la colocación de sus pistones respecto al eje de giro de la bomba (figura 6.14) formando dos clases:

– **Bombas de pistones axiales.** Montan los cilindros en sentido longitudinal y paralelos al eje de giro.
– **Bombas de pistones radiales.** Los cilindros se montan en sentido perpendicular al eje de la bomba, como los radios de una rueda.

Los principios de funcionamiento de las bombas axiales y radiales son similares. El aceite se mueve por el desplazamiento de los pistones en sus cilindros y la acción de las válvulas de aspiración y escape que disponen.


Pistones axiales


Pistones radiales

6.14. Disposición de los cilindros en las bombas.

Bomba de pistones axiales

Las bombas de pistones axiales pueden ser de dos tipos:

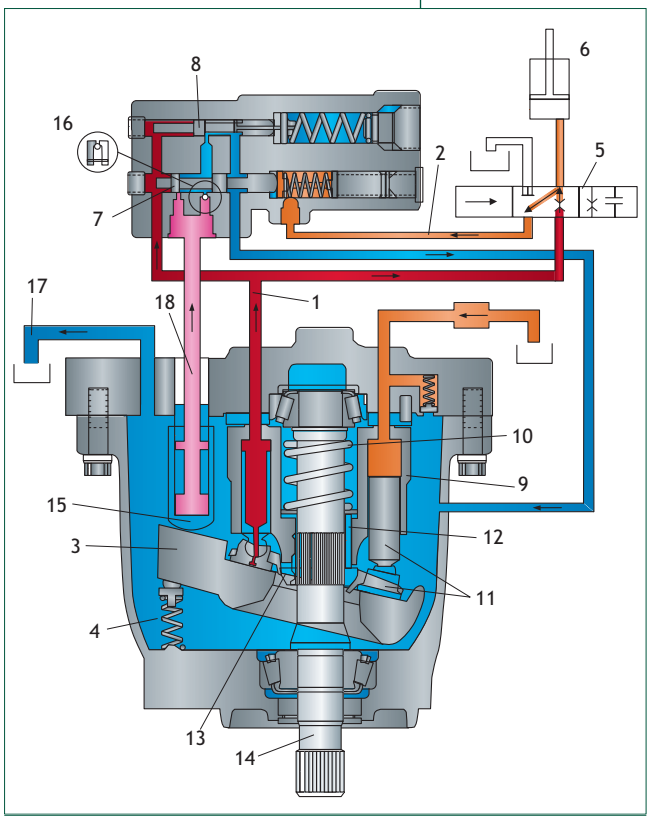
– Bombas de eje y pistones en línea.
– Bombas con eje angulado.

En las bombas con eje y pistones en línea, los pistones se mueven dentro de las camisas de los cilindros y las cabezas de los pistones se apoyan sobre la placa inclinada, que se denomina placa oscilante. La placa oscilante no gira, pero se puede cambiar su inclinación. La inclinación de la placa oscilante modifica la carrera de los cilindros y el caudal que pueden suministrar. Si la bomba tiene la placa inclinada fija, el caudal de la bomba será siempre fijo, dependiendo exclusivamente de las revoluciones de giro de la bomba.

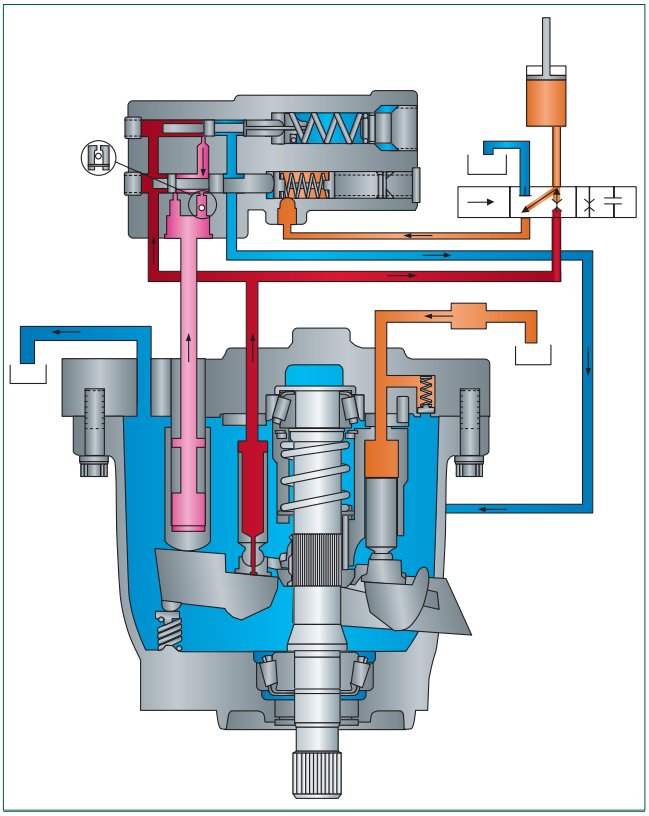
El funcionamiento de la bomba para accionar un cilindro de simple efecto (figura 6.15) es el siguiente: al accionar la palanca selectora y desplazar la válvula (5) para accionar el cilindro de simple efecto (6), la presión de carga es comunicada al circuito de control por el canal (2). La presión de la carga junto con la fuerza del muelle en el lado del muelle de la válvula sensora de carga (7) es superior a la presión existente en el extremo superior (cabeza) de la válvula sensora de carga.

1 Presión de salida de la bomba
2 Presión de control de carga
3 Horquilla
4 Resorte de la horquilla
5 Válvula de control

Por consiguiente, la corredera de esta válvula se desplaza hacia la izquierda. El conducto de salida de la bomba hacia el émbolo del plato oscilante se cierra. Al mismo tiempo se abre el conducto del aceite del émbolo del plato oscilante hacia el retorno al depósito (17) a través de la válvula de compensación (8).



6.15. Bomba de pistones axiales. Fuente: John Deere.



6.16. Fase de regulación de caudal. Fuente: John Deere.

6 Cilindro de acción simple
7 Válvula sensora de carga
8 Válvula de compensación
9 Bloque de cilindros
10 Resorte del bloque de cilindros
11 Émbolo con zapata
12 Pasadores
13 Arandela esférica
14 Eje de la bomba
15 Émbolo de plato oscilante
16 Válvula de retención (bola)
17 Retorno al depósito
18 Vástago
Presión del círculo primario
Presión reducida
Presión de carga
Aceite sin presión

El muelle del plato oscilante (4) lo empuja hacia arriba a la posición de caudal máximo para permitir la extensión y salida del cilindro. Durante la salida del cilindro se registra la presión de salida (color rojo) que se forma en la zona de salida de la bomba por razón de la resistencia al movimiento del cilindro (fuerza que depende de la carga que tenga el cilindro en su cabeza). La misma presión actúa sobre el lado izquierdo de la válvula sensora de carga (7).

Cuando la válvula de control (5) está en posición de extensión, el orificio de limitación reduce la presión registrada en el extremo del resorte (lado derecho) de la válvula sensora de carga. Durante la salida del cilindro, la presión del extremo del resorte (presión de control) es inferior en 33 bar a la presión en la salida de la bomba.

Esta diferencia de presión entre la salida de la bomba (lado superior = cabeza de la válvula sensora de carga) y la presión de control (lado del resorte de la válvula sensora de carga) es la **presión diferencial**.

Para evitar la sobrecarga de presión del circuito al llegar el cilindro al final de su carrera (figura 6.16) la válvula de compensación (8) puede

modificar la posición de la horquilla (3) de tal manera que se reduce el caudal de aceite y también la velocidad del movimiento de la carga.

Si la presión de salida de la bomba aumenta, la válvula de compensación (8) se desplaza hacia la derecha venciendo la presión del muelle y cierra el conducto del émbolo de la horquilla (15) hacia el retorno al depósito (17).

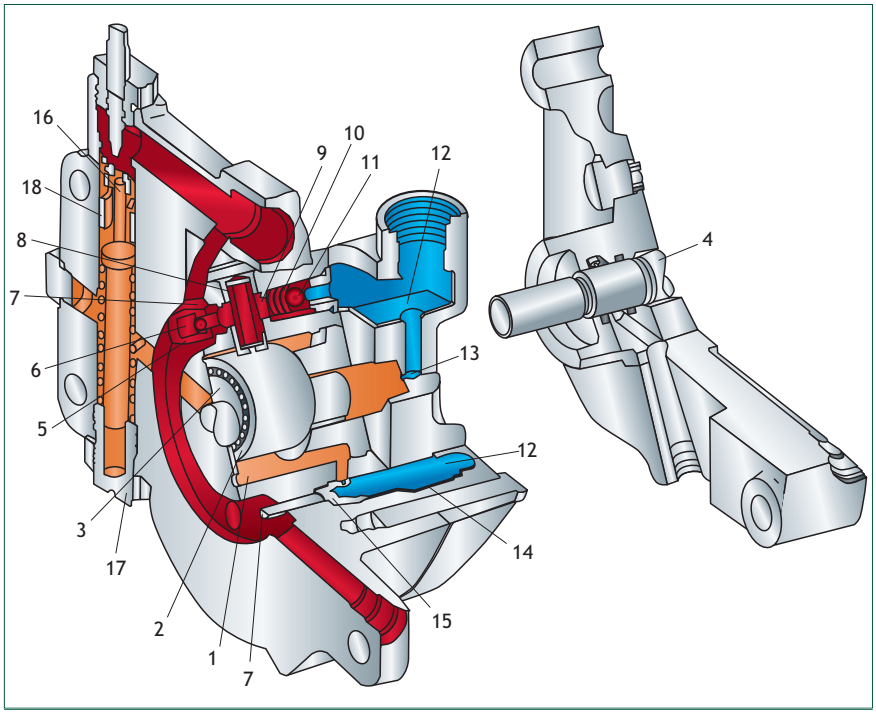
Si la presión de salida de la bomba alcanza la **presión crítica** de la válvula de compensación (8) (193 bar) se desplaza hacia la derecha como se aprecia en la figura 6.15 y dirige el aceite de salida a presión hacia el émbolo de la horquilla. Esto empuja la horquilla hacia abajo comprimiendo el muelle (4) a fin de reducir el caudal del aceite.

Bombas de pistones radiales

Las bombas de pistones radiales son bombas muy completas que permiten conseguir altas presiones, grandes caudales, altas revoluciones y variar el caudal que suministran.

La bomba de pistones radiales más empleada es la de leva giratoria central y pistones alojados en el cuerpo de la bomba. El movimiento de vaivén de los pistones se produce al girar el eje de la leva (2) (figura 6.17).

La entrada y salida del aceite se realiza por las canalizaciones (12) que rodean los cilindros. Cada cilindro dispone de un pistón de bombeo de aceite (9). La bomba dispone de cuatro pistones y cada pistón tiene una válvula de admisión (10, 11) y una válvula de salida del aceite (5 y 6). La leva (3), al girar, levanta los pistones forzando la salida del aceite. El resorte (8) desplaza el pistón contra la leva para realizar la nueva carrera del pistón y la aspiración del aceite.



6.17. Bomba con pistones radiales y caudal variable.

- Presión interna
- Presión regulada
- Aceite sin presión
- 1 Caja del cigüeñal de la bomba
- 2 Pista exterior de la excéntrica
- 3 Excéntrica
- 4 Eje de la bomba
- 5 Resorte de la bomba de salida (4 piezas)
- 6 Válvula de salida (4 piezas)
- 7 Galería de salida del aceite a presión
- 8 Resorte del pistón de bombeo (4 piezas)
- 9 Pistones de bombeo de aceite (4 piezas)
- 10 Resorte de la válvula de admisión (4 piezas)
- 11 Bola de la válvula de admisión (4 piezas)
- 12 Galería de admisión del aceite
- 13 Orificio de purga 1,5 mm
- 14 Resorte de la válvula de salida
- 15 Válvula de salida
- 16 Guía de la válvula limitadora
- 17 Tornillo de ajuste de la válvula limitadora
- 18 Válvula limitadora de la presión interna
- 19 Aceite de alta presión
- 20 Aceite de presión interna
- 21 Aceite de baja presión

La bomba cuenta con un dispositivo de regulación de la carrera de los pistones para conseguir modificar la carrera y el caudal de aceite suministrado (bomba de caudal variable).

La regulación automática de la carrera de los pistones se consigue separando los pistones de la leva giratoria. La bomba girará, pero no proporcionará caudal.

La bomba dispone de una válvula limitadora de presión interna (18) que cuando se alcanza la presión de tarado (no se necesita caudal a presión en el circuito) se abre y permite el paso del aceite regulado al interior de la caja del cigüeñal (1).

El aceite a presión en el interior del cárter (aceite color rosa) tiene presión suficiente para separar los pistones de la leva giratoria y conseguir que la bomba deje de generar caudal.

En régimen de reposo la bomba sigue generando un pequeño caudal de aceite para enfriar y lubricar la bomba.

Cuando se abre una válvula y se necesita caudal en el circuito, la presión desciende en la salida de la bomba, la válvula de salida (15) se abre y el aceite de regulación (color rosa) pasa por la válvula de salida a la cámara (12) de admisión. Al descender la presión en el interior del cárter de regulación los pistones empujados por los muelles (8) se aproximan contra la leva y la bomba empieza a generar caudal nuevamente.

3.5 > Mantenimiento de las bombas

Las bombas, para trabajar en buenas condiciones y tener una duración adecuada, necesitan un mantenimiento minucioso.

El mantenimiento de la bomba se realiza siguiendo los siguientes pasos:

– Utilizar el aceite recomendado por el fabricante, sustituirlo en los periodos de tiempo prescritos y cambiar los filtros.
– Localizar posibles contaminaciones del aceite con otros líquidos y sustituirlo si se encuentra sucio o contaminado.
– Evitar la cavitación en la entrada de la bomba. La cavitación se produce cuando se estrangula el paso de aceite en la bomba, generándose vacío que forma cavidades o huecos en el aceite. Los vacíos en la entrada provocan pequeñas impulsiones que desprenden partículas metálicas, vibraciones y ruidos extraños.
– Controlar el nivel del aceite en el depósito. Un nivel bajo produce cavitación.

Actividades propuestas

3·· Localiza dónde se encuentra el depósito del líquido hidráulico en el circuito de un vehículo equipado con dirección asistida, suspensión hidráulica, etc. Además, comprueba que el nivel se encuentra entre el máximo y mínimo.

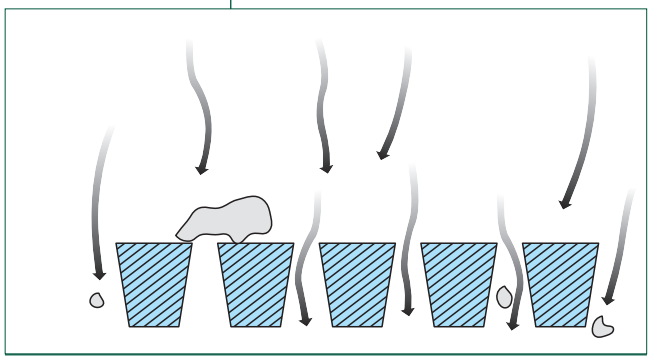
Busca en el manual de reparaciones del fabricante, el tipo de aceite que emplea y los periodos de sustitución.

4 >> Filtros, acumuladores y depósitos

El aceite se ensucia en la circulación por el circuito y se contamina con partículas que se desprenden de las piezas y con suciedad del exterior, polvo, arena etc.

Los filtros se colocan en el circuito para limpiar el aceite de partículas y restos de suciedad.

Los filtros emplean como principio de funcionamiento la circulación del aceite a través de una malla o tamiz que retiene las partículas y la suciedad, limpiando de este modo el aceite (figura 6.18).



6.18. Filtro de aceite.

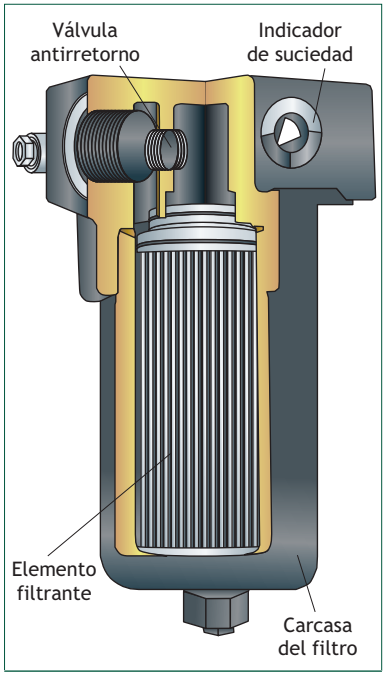
Los materiales más empleados como malla o elemento filtrante en los filtros son:

– Papel plisado en forma cilíndrica.
– Celulosa embutida en un cilindro con orificios.
– Fibra de vidrio.
– Mallas metálicas.

La posición del filtro en el circuito permite clasificar el tipo de filtro. Las más empleadas son las siguientes:

– Filtro en la aspiración de la bomba.
– Filtro colocado en la salida de presión de la bomba.
– Filtro situado en el retorno del aceite al depósito.
– Filtro en la boca de llenado del depósito.

El filtro en muchos circuitos se coloca en un recipiente o carcasa formando un conjunto filtrante (figura 6.19). El conjunto dispone de un indicador de suciedad, válvula antirretorno, carcasa y elemento filtrante. En algunos modelos de conjuntos filtrantes se coloca una válvula de alivio o sobrepresión para evitar que un exceso de suciedad en el elemento filtrante obstruya el paso del aceite por el filtro. Si el filtro está muy sucio la válvula de sobrepresión se abre y el aceite circula por el circuito, sin filtrar.



6.19. Filtro seccionado. Fuente: HRE.

Los acumuladores son recipientes en los que se puede acumular líquido a presión. Se colocan en paralelo con el circuito hidráulico.

Las aplicaciones y misiones que el acumulador realiza en el circuito son las siguientes:

– Acumulador de energía.
– Amortiguador de puntas de presión.
– Consiguen un aumento gradual de la presión.
– Mantener constante la presión en todo el circuito.

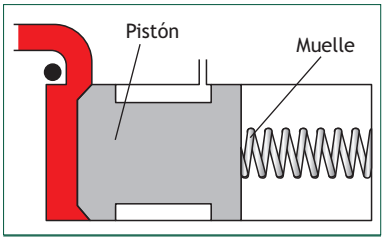
La mayoría de los acumuladores pueden realizar las cuatro funciones, pero en la práctica se montan y diseñan para que realicen una función principalmente.

Los acumuladores empleados en automoción suelen ser de dos tipos:

– Acumuladores de membrana y nitrógeno.
– Acumuladores con membrana o pistón y muelle.

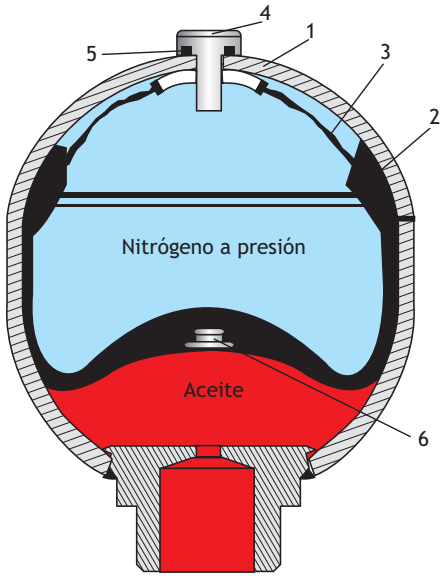
Aceite en tractores agrícolas

Los tractores agrícolas emplean la estructura de la caja de cambios como depósito del aceite hidráulico. El aceite empleado en la caja de cambios se utiliza también para los circuitos hidráulicos.



6.21. Compresión y escape.

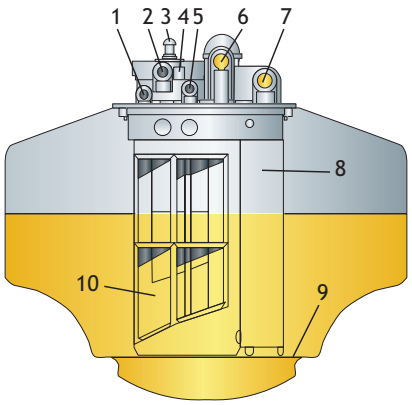
El funcionamiento y comportamiento de ambos tipos es muy parecido, la principal diferencia radica en el elemento elástico que dispone en su interior: gas nitrógeno en los de esfera y membrana (figura 6.20) y un muelle en los de pistón (figura 6.21).



6.20. Acumulador de membrana.

Los depósitos de los circuitos hidráulicos son los recipientes que acumulan y almacenan el aceite del circuito.

Los depósitos tienen formas especiales (figura 6.22). Disponen de los componentes necesarios para poder conectarlos con el circuito: tuberías de aspiración y retorno, tapones de carga, indicador o boyas de nivel, etc. Se fabrican con plásticos especiales y aleaciones resistentes a la oxidación.



6.22. Depósito. Fuente: Citroën.

Los depósitos, además de almacenar y recibir los retornos del aceite, cumplen las misiones siguientes:

- Sirven como enfriador para el aceite tras recorrer el circuito y realizar su trabajo.
- Decantan los sedimentos que pudiera contener el aceite.
- Separan el agua y el aire que, debido al funcionamiento del circuito pudiera haberse mezclado con el aceite.

5 >> Enfriadores o intercambiadores de aceite

En los circuitos hidráulicos que trabajan con altas presiones y de forma continuada, el aceite reposa poco tiempo en el depósito y su enfriamiento no es suficiente para mantener la temperatura del aceite, calentándose excesivamente. En estos circuitos se colocan enfriadores o intercambiadores de calor.

Los enfriadores son radiadores que disipan el calor del aceite al exterior y mantienen constante la temperatura de trabajo del aceite.

Los enfriadores o intercambiadores más empleados son los siguientes:

– Enfriadores por aire.
– Enfriadores por líquido refrigerante.

6.23. Intercambiador.

Enfriadores por aire

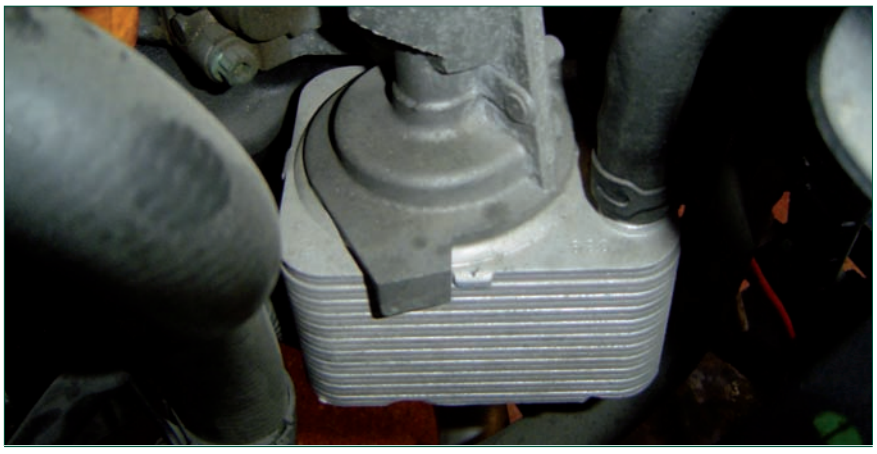
En los enfriadores por aire se emplea una corriente de aire para disipar el calor del aceite. El enfriador es un radiador que dispone de unas canalizaciones o serpentín por donde circula el aceite. Las canalizaciones tienen unas aletas para aumentar la zona de contacto del aire y mejorar el rendimiento del intercambiador. La corriente de aire que circula por el enfriador se refuerza empleando ventiladores y por el propio desplazamiento del vehículo.

Enfriadores por líquido refrigerante

Los enfriadores que emplean como refrigerador un líquido se usan muy a menudo en los circuitos hidráulicos en los que es necesario reforzar el enfriamiento del aceite.

El enfriador dispone de dos circuitos separados:

– El primer circuito dispone de un serpentín enfriador por donde circula el aceite del circuito hidráulico.
– El circuito secundario recubre el serpentín y por él circula el líquido enfriador (figura 6.24).



6.24. Enfriador de aceite por líquido.

6 >> Tuberías

Las tuberías en los circuitos hidráulicos permiten la circulación del aceite entre todos los componentes o piezas del circuito. En hidráulica las tuberías que se emplean se diseñan en función de la presión de trabajo y del caudal que circula.

Las tuberías montadas en los circuitos se clasifican en:

– Tuberías principales.
- De aspiración y alimentación a bombas.
- De presión. Salida desde la bomba hasta las válvulas distribuidoras y desde las válvulas hasta el actuador.
- De retorno. El aceite sin presión vuelve y se recupera en el depósito.

– Tuberías secundarias.
- De drenaje. Retornan el aceite de fugas o descarga de líneas piloto al depósito.
- De pilotaje. Se emplean para controlar y activar el accionamiento de una válvula.

El diámetro de la tubería del circuito deber ser adecuado para permitir el paso del caudal y mantener la velocidad de circulación del aceite. Para que el fluido circule por la tubería es necesario que lleve una velocidad de circulación y una presión que compense los rozamientos. En la siguiente tabla se resumen los datos correspondientes.

Golpe de ariete

En la puesta en marcha de una instalación hidráulica se debe tener mucho cuidado con el golpe de ariete que pueden producir las tuberías flexibles. El golpe de ariete es un latigazo que produce la canalización al someterla a presión, haciendo que esta tienda a ponerse recta cuando tiene forma curvada.

Presión (bar)	0-10	10-25	25-50	50-100	100-150	150-200	200-300
Velocidad (m/s)	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6

En las tuberías de retorno que prácticamente no tienen presión, la velocidad de circulación aproximada es de 2 m/s y en las tuberías de aspiración de bombas la velocidad es de 0,5 a 1,5 m/s.

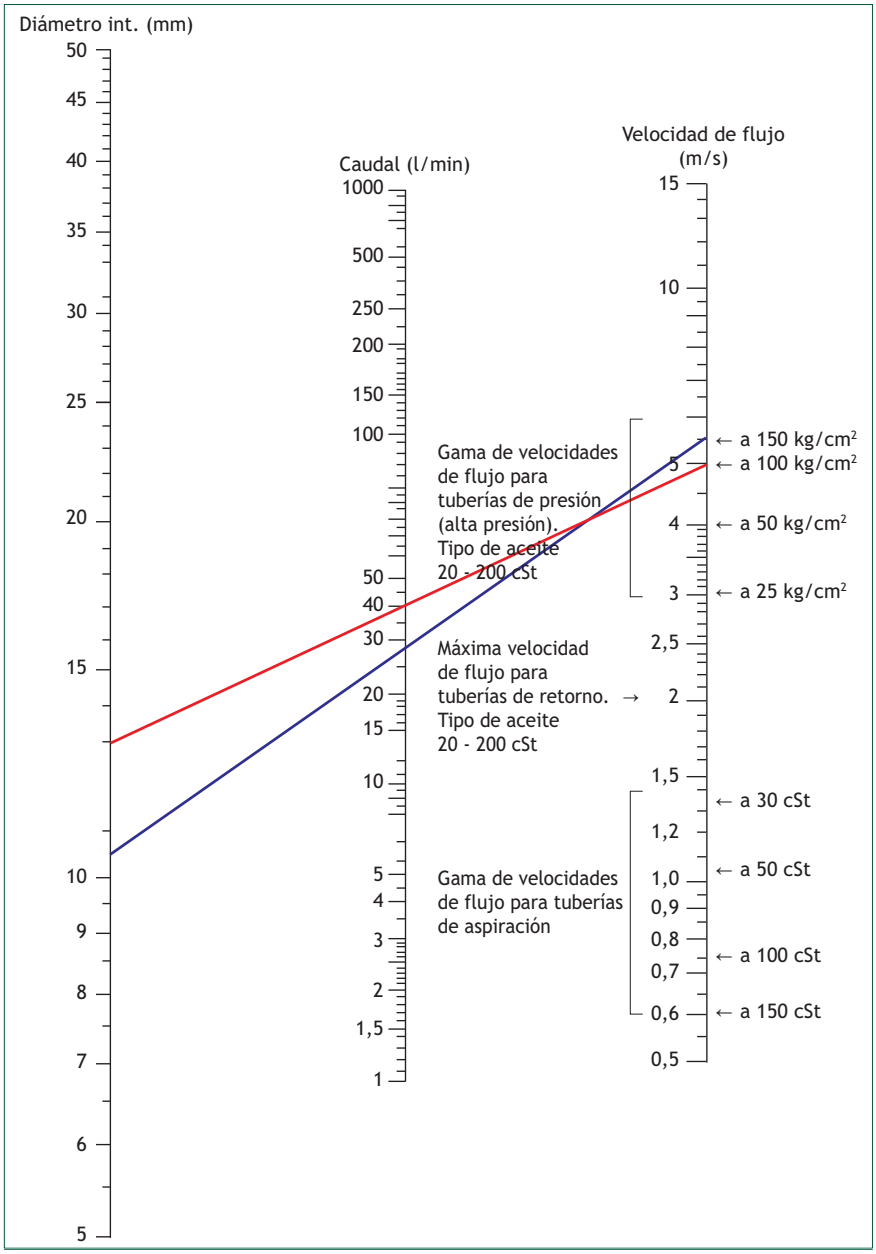
Diámetro de la tubería		Caudal máximo admisible en l/min
Pulgadas	Milímetros	
1/8''	5 × 10	6
1/4''	8 × 13	15
3/8''	12 × 17	35
1/2''	15 × 21	50
3/4''	21 × 27	100
1''	26 × 34	160
1 1/4''	33 × 42	250
1 1/2''	40 × 49	360
2''	50 × 60	600
2 1/2''	66 × 76	1 000
3''	80 × 90	1 500

Conociendo el caudal que circula por la tubería y la presión del circuito se puede calcular el diámetro interior aproximado de la tubería. En la figura 6.23 aparece un ábaco para calcular el diámetro de la tubería.

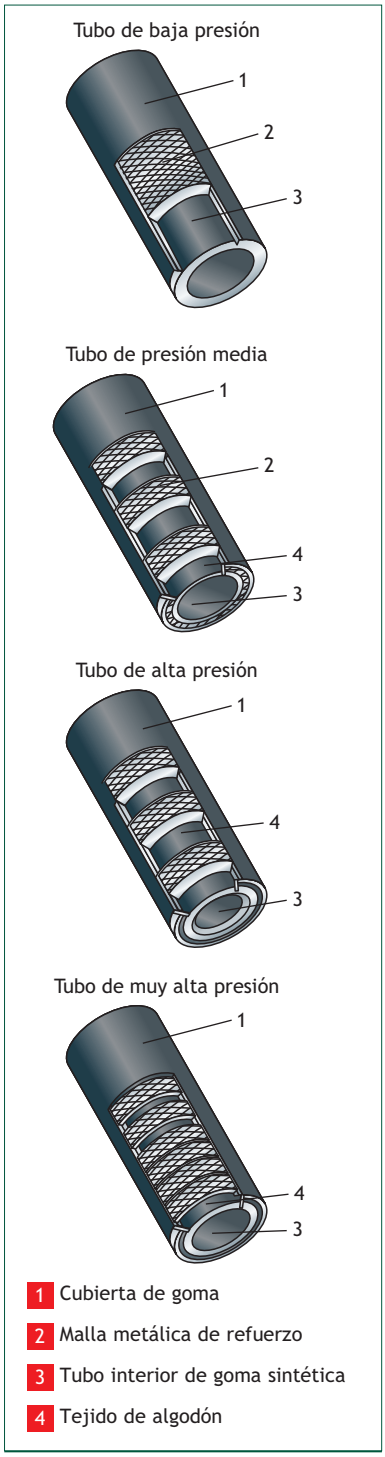
El manejo del ábaco es sencillo y rápido. El ábaco dispone de tres diagonales:

1. Diámetro interior.
2. Caudal en l/min.
3. Velocidad de circulación en m/s.

El resultado se obtiene trazando una línea recta que una el caudal de la 2ª línea con la velocidad del flujo de la 3ª, la línea cortará la 1ª línea en un número que indica el diámetro interior en milímetros de la tubería.



6.25. Ábaco para el cálculo de tuberías.



6.26. Disposición de capas en tuberías de distintas presiones.

Casos prácticos

Cálculo de diámetros en tuberías

•• Calcula el diámetro interior aproximado de una tubería de un circuito hidráulico que trabaja a 100 bar de presión con un caudal de 40 l/min.

Solución •• Los pasos para calcular el diámetro son los siguientes:

- Calcula la velocidad de circulación recomendada en m/s para esa presión. Puedes emplear la tabla de la página anterior, que indica que la velocidad de circulación para presiones entre 100 y 150 bar es de 5 m/s.
- Localiza, empleando el ábaco de la figura 6.23, la velocidad del flujo y las presiones de trabajo a 100 bar y velocidad 5 m/s en la 3ª diagonal. Consigues así el primer punto de la línea roja.
- Localiza el segundo punto de la línea roja en la diagonal del caudal con línea central del ábaco. El caudal 40 l/min indica el 2º punto.
- Une los puntos con la línea roja o encuentra el punto de corte con la diagonal del diámetro interior. En este caso, el 13.

Por tanto, la tubería debe tener un diámetro interior de 13 mm.

Las tuberías más empleadas en los circuitos pueden ser:

– Tuberías flexibles.
– Tuberías rígidas.

6.1 > Tuberías flexibles

Las tuberías flexibles son ideales para unir los componentes del circuito. Se pueden doblar, absorben las vibraciones y picos de presión y se montan y desmontan con facilidad.

Las tuberías flexibles se fabrican básicamente con tres capas de distintos materiales según la presión que soporten (figura 6.25).

Las capas de material son las siguientes:

– Cubierta exterior de goma o trenzados metálicos (1).
– Malla metálica de refuerzo (2). Varían con el tipo de tubería, el número de capas de refuerzo y el material depende de la presión que trabaje la tubería: a mayor presión, más capas de refuerzo.
– Tubo interior de goma sintética (3) resistente al aceite, calentamientos y corrosión.

6.27. Tuberías rígidas y flexibles de una máquina Hitachi.

Precauciones con las tuberías flexibles

Las tuberías flexibles se deben colocar siguiendo las recomendaciones de montaje respecto a las curvas y tensiones que puedan soportar. No es conveniente colocarlas muy tensadas. Se deben evitar los ángulos muy agudos y las torsiones.

6.2 > Tuberías rígidas

Las tuberías rígidas se emplean para alta y baja presión. El material empleado en la fabricación depende de la presión que soporten:

– Las tuberías de acero estirado en frío se emplean para canalizaciones de alta presión.
– El cobre, aluminio y plásticos se emplean en tuberías de baja presión.

No es recomendable emplear tuberías galvanizadas interiormente. El recubrimiento de cinc se puede desprender y provocar averías.

7 >> Actuadores: cilindros y motores

Los actuadores reciben la presión hidráulica y la transforman en fuerza de accionamiento. Los actuadores hidráulicos emplean los mismos principios de funcionamiento que los estudiados en neumática, manteniendo las características propias que proporciona el cambio del aire por aceite y trabajar con presiones más altas.

Los actuadores se agrupan en dos familias:

– Cilindros: realizan la fuerza en movimiento lineal.
– Motores: aplican la fuerza en un giro consiguiéndose un movimiento rotativo.

7.1 > Cilindros

Los cilindros hidráulicos son más robustos y resistentes que los cilindros empleados en neumática. La presión de trabajo en hidráulica es mucho mayor: de 6 a 12 bar en neumática y de 100 a 200 bar en hidráulica. Los cilindros hidráulicos realizan grandes esfuerzos con bajas velocidades de desplazamiento.

Los materiales empleados en la fabricación de los cilindros hidráulicos son los siguientes:

– La camisa o cuerpo del cilindro es un tubo de acero estirado, pulimentado y lapeado en su interior.
– El émbolo y el vástago son de acero laminado rectificado, de acero cromado y de acero inoxidable.
– Los retenes de estanqueidad se fabrican con materiales resistentes al desgaste, a las altas temperaturas y compatibles con los aceites. Los materiales empleados en los retenes se resumen en la siguiente tabla.

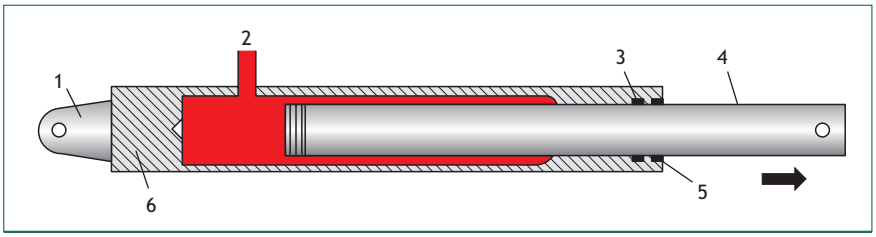
Material de la junta de los retenes de estanqueidad	Propiedades	Temperatura de trabajo
Goma natural	Buena resistencia mecánica. Baja resistencia a los aceites minerales.	-25 °C +80 °C
Policloropreno	Buena resistencia mecánica. Buena compatibilidad con los aceites.	-20 °C +100 °C
Nitrilo	Buena resistencia a los aceites.	-30 °C +90 °C
Poliuretano	Óptima resistencia mecánica y a la abrasión.	-20 °C +70 °C
Butil	Baja resistencia a los aceites minerales.	-40 °C +120 °C
Silicona	Óptimo comportamiento a altas temperaturas. Baja resistencia mecánica. Baja resistencia a los aceites minerales.	-100 °C +250 °C
Fluorelastómetro (Vitón)	Buena compatibilidad con carburantes y aceites minerales. Óptima resistencia a la temperatura.	-20 °C +200 °C

Los cilindros de simple efecto, de doble efecto y émbolo pasante emplean los mismos principios de funcionamiento que los estudiados en los cilindros neumáticos con las modificaciones de juntas y materiales.

En esta unidad se estudian los cilindros específicos y empleados en hidráulica: cilindros de simple efecto (tipo ariete), cilindro diferencial, cilindro telescópico y cilindro rotativo.

Cilindros de simple efecto (tipo ariete)

Los cilindros tipo ariete no tienen muelle de retroceso, pistón ni juntas para separar las dos cámaras (figura 6.28). La propia biela (ariete) hace por una cara de émbolo y por la otra dispone de un orificio para unir la carga (4).



6.28. Cilindro de simple efecto.

1 Chamela
2 Entrada de aceite
3 Junta de la biela (en caja)
4 Biela
5 Junta limpiadora
6 Cilindro

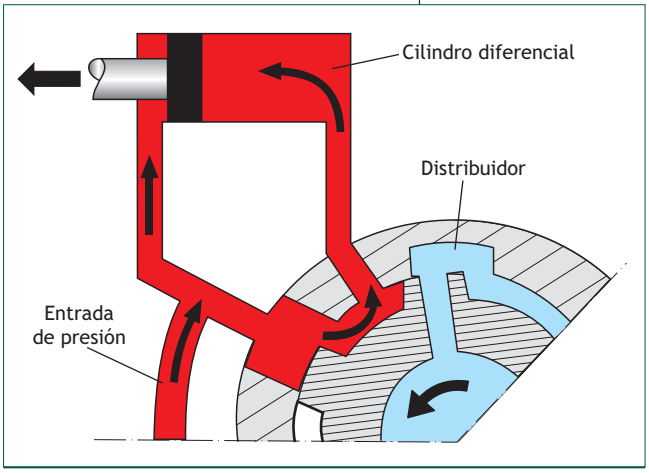
El diseño de los cilindros tipo ariete presenta las siguientes ventajas:

- La biela es de mayor diámetro y no se dobla por las cargas que actúan en sentido lateral.
- Las juntas de hermeticidad son exteriores y más fáciles de cambiar.
- Las rugosidades y ralladuras de las paredes interiores del cilindro no afectan a las juntas de hermeticidad.
- No necesita orificio de respiración. El aceite a presión llena toda la cámara interior.
- No tiene muelle de retroceso, que se realiza por la carga y peso que soporta.

Cilindro diferencial

El cilindro diferencial tiene una composición similar a los cilindros de doble efecto con o sin amortiguación. La diferencia entre un cilindro diferencial y un cilindro de doble efecto es la superficie útil de la cámara del vástago y el diámetro de este. Los cilindros diferenciales se diseñan con medidas específicas para poder controlar las velocidades y la fuerza que puede realizar el cilindro en ambos sentidos.

Cuando la relación entre la superficie del área del pistón es el doble de la superficie de la cámara del vástago 2 : 1 se pueden alimentar las dos cámaras a la vez o emplear el aceite que sale del retorno de una cámara para alimentar la otra cámara del cilindro. El cilindro diferencial, con una relación de superficies útiles en los émbolos de 2 : 1, puede conseguir la misma fuerza y velocidad en las dos carreras del cilindro (figura 6.29).



6.29. Cilindro diferencial empleado en una dirección asistida.

Cilindro de simple efecto de pistón de inmersión

Los cilindros de simple efecto tipo ariete también se conocen como cilindros de simple efecto de pistón de inmersión.

Cilindro diferencial en la dirección asistida

El cilindro diferencial (2.1) se emplea en los cilindros de muchos modelos en la dirección asistida, consiguiéndose con la misma presión idénticas velocidades de desplazamiento del émbolo en las dos carreras, giro a izquierdas y a derechas de la dirección. El cilindro diferencial permite un comportamiento similar al de un cilindro de émbolo pasante.

Cilindros telescópicos

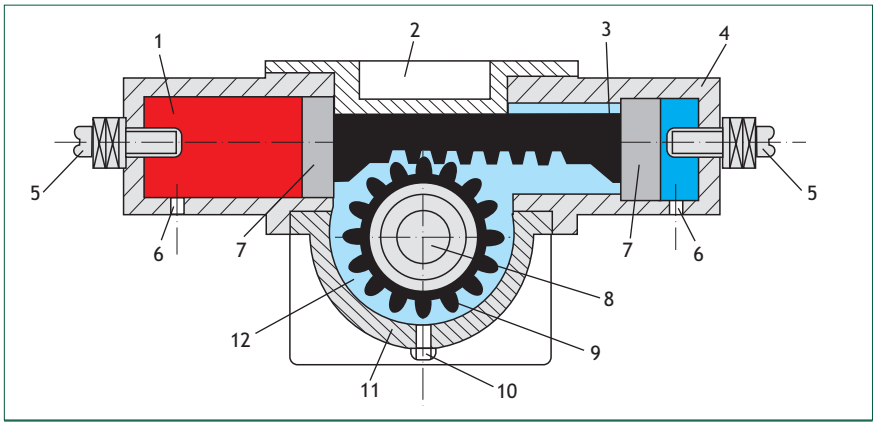
Los cilindros telescópicos pueden ser de simple o de doble efecto. Los cilindros de simple efecto y retroceso por peso se emplean en plataformas y remolques basculantes principalmente (figura 6.30). Los de doble efecto se emplean en los últimos tramos de las grúas montadas en camiones.

Los cilindros telescópicos disponen de varios vástagos de diferentes diámetros, colocados uno dentro del otro. En el cilindro, en posición de reposo, el vástago se encuentra dentro, y a medida que se alimenta de aire los vástagos salen empujando uno al otro. El cilindro telescópico permite disponer de un cilindro con una carrera muy grande que ocupa poco espacio.

6.30. Cilindro telescópico de un remolque.

Cilindros rotativos

Los cilindros rotativos son cilindros de doble efecto que transforman el movimiento lineal del vástago en un movimiento rotativo en un eje de salida (figura 6.31). El vástago del cilindro dispone de una cremallera (3) en la que engrana un piñón (9). El piñón gira con el desplazamiento del vástago y su cremallera. Los cilindros giratorios se emplean en las grúas para girar el brazo principal de la grúa. Los cilindros rotativos permiten un movimiento más preciso que un motor hidráulico. Los topes de giro se encuentran fijados por los topes regulables (5).



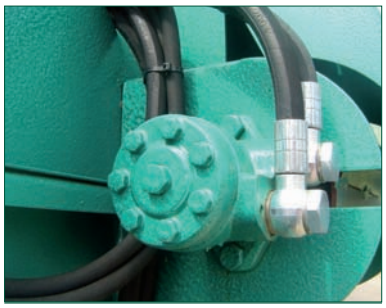
6.31. Cilindro rotativo.

1. Cámara del cilindro
2. Tope fijo que delimita carrera
3. Vástago
4. Carcasa
5. Topes reguladores que delimitan el ángulo de giro
6. Entradas y salidas de fluidos a la cámara
7. Émbolos
8. Eje giratorio donde se hace la aplicación
9. Piñón transmisor del esfuerzo
10. Tuerca tapón de relleno
11. Carcasa
12. Aceite

7.2 > Motores hidráulicos

Los motores hidráulicos son constructivamente similares a las bombas hidráulicas y sus componentes se denominan igual: motor de engranajes, paletas, pistones, etc.

Las bombas hidráulicas trabajan empujando el aceite y generando la presión en el circuito. Los motores trabajan de forma inversa: reciben el caudal generado por la bomba y lo convierten en un giro en su eje. Reciben el aceite a presión en su entrada. La fuerza hidráulica que reciben del aceite la transforman en fuerza mecánica (giro). El aceite con poca presión vuelve al depósito por la salida del retorno. Los motores hidráulicos, como todos los motores, son reversibles en su giro, cambiando la entrada y salida del aceite.



6.32. Motor hidráulico.

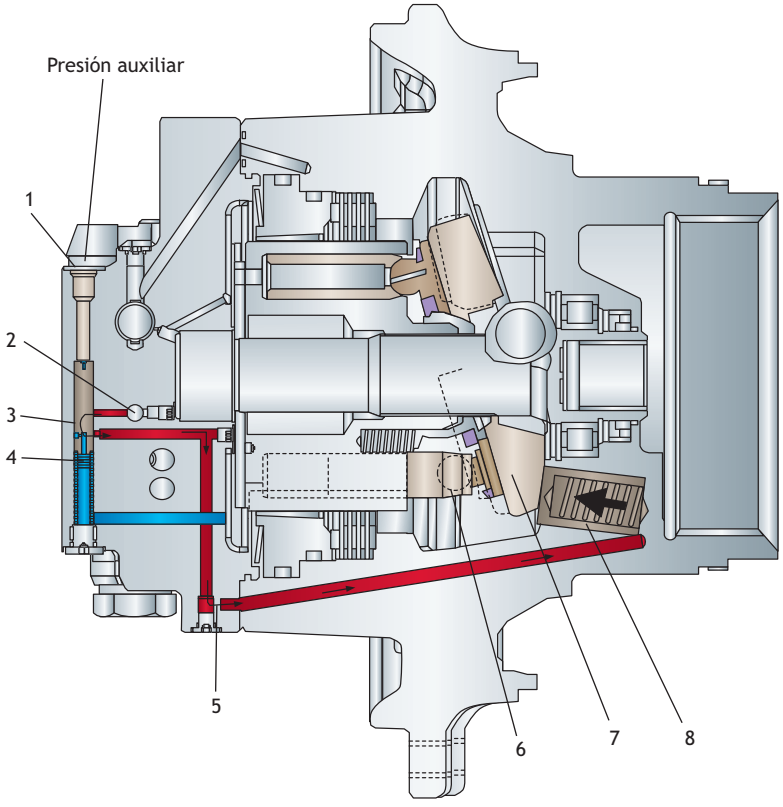
Los motores hidráulicos, igual que las bombas, pueden ser de caudal constante y de caudal variable:

– En los motores de caudal constante, la velocidad de giro del motor varía con el caudal de aceite a presión con que se alimente.
– Los motores de caudal variable pueden modificar la velocidad de giro y el par suministrado mediante los dispositivos con los que se aumenta o reduce el volumen de las cámaras en las que entra el líquido.

En la figura 6.33 aparece el esquema interno del circuito y motor hidráulico de accionamiento de una máquina Hitachi Zaxis 330-3 que funciona del siguiente modo en marcha rápida:

1. Cuando el interruptor de modo de desplazamiento se encuentra en la posición FAST, el módulo de control envía señales a la unidad de válvula solenoide (SI) en respuesta a las cargas de desplazamiento.
2. La presión auxiliar de control se envía desde el orificio piloto (1) y mueve el carrete (3) hacia abajo.
3. El aceite de presión del orificio (AM o BM) del motor de alta presión actúa sobre el pistón (8) a través de la válvula de doble efecto (2), el carrete (3) y el orificio (5).
4. El pistón (8) desplaza la placa oscilante (7), por lo que se reduce el ángulo de oscilación de dicha placa. Así, la carrera del émbolo (6) se reduce, entrando menos aceite a los cilindros. Como el caudal es constante se produce que el motor de desplazamiento gire a velocidad rápida.

1 Orificio piloto
2 Válvula de doble efecto de control del pistón
3 Carrete
4 Muelle
5 Orificio
6 Émbolo
7 Placa oscilante
8 Pistón



6.33. Esquema de un motor hidráulico de caudal variable.

8 >> Válvulas hidráulicas

Las válvulas empleadas en los circuitos hidráulicos son parecidas a las empleadas en los circuitos neumáticos. La simbología, los accionamientos y el tipo de asiento son similares en las válvulas hidráulicas y neumáticas.

La función de las válvulas hidráulicas en sus circuitos es distribuir, regular y controlar la presión o el caudal del aceite en el circuito hidráulico. Son las encargadas de realizar el control del automatismo del circuito. Las válvulas se colocan entre la fuente de presión y los actuadores.

Las principales diferencias entre válvulas hidráulicas y neumáticas son su construcción y diseño. Al cambiar el aire por el aceite y aumentar la presión del circuito, las hidráulicas son muy robustas con más entradas y salidas.

La clasificación de las válvulas hidráulicas es la siguiente:

– Válvulas distribuidoras y de mando.
– Válvulas de bloqueo y conmutación.
– Válvulas de caudal y presión.
– Válvulas proporcionales.

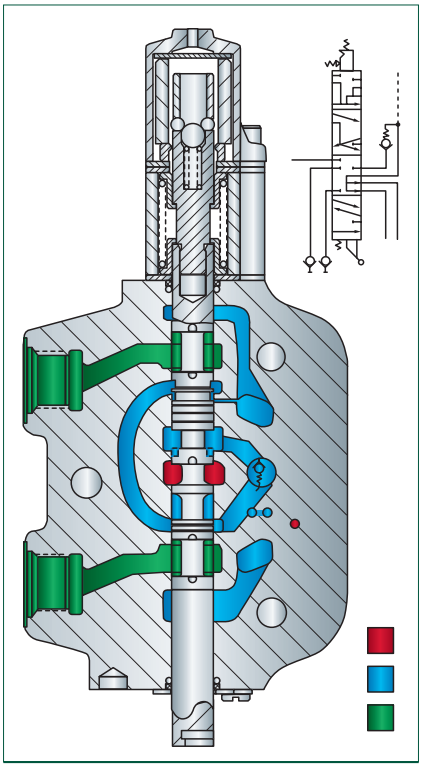
8.1 > Válvulas distribuidoras y de mando

Las válvulas distribuidoras se emplean para canalizar la circulación del aceite en el circuito. Permiten la entrada del aceite a presión al actuador y el retorno del aceite al depósito.

Las válvulas disponen de un mecanismo de cierre y apertura de conductos, similar al empleado en las válvulas neumáticas. En las válvulas hidráulicas distribuidoras el sistema de apertura y cierre más empleado es el dispositivo de corredera y émbolo desplazable (figura 6.34), y en menor medida el émbolo desplazable y asiento cónico (figura 6.35).

Las principales características de las válvulas hidráulicas son:

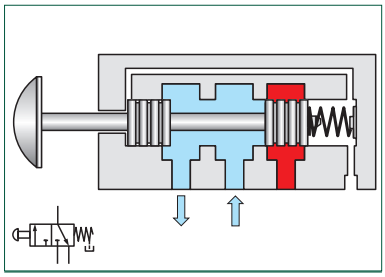
– Emplean retornos de fugas «L» que se canalizan al depósito.
– Se emplean las válvulas con centros cerrados o comunicando entrada y salida, entrada con dos salidas, etc. (figura 6.36).
– Se emplean válvulas de accionamiento manual con muchas vías y posiciones (figura 6.37).
– Se emplean las válvulas preaccionadas en los circuitos con grandes caudales y presiones.



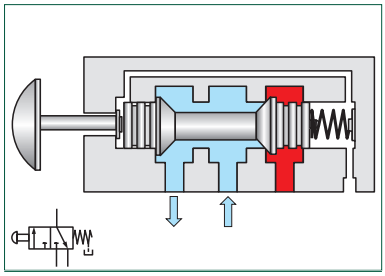
6.37. Símbolo y sección de una válvula 7 vías y 4 posiciones.

Válvulas de carrete

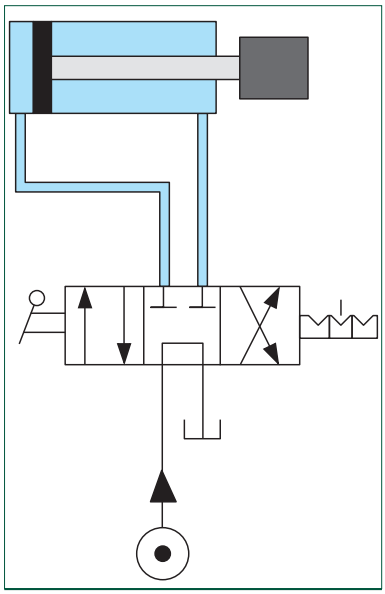
Las válvulas distribuidoras de émbolo desplazable también se conocen como válvulas de carrete.



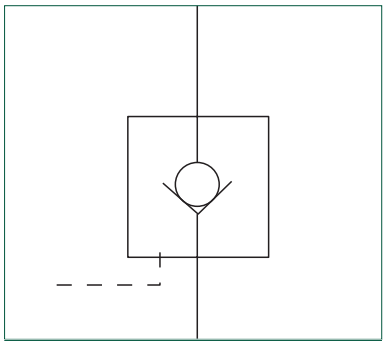
6.34. Válvula 3/2 seccionada y símbolo.



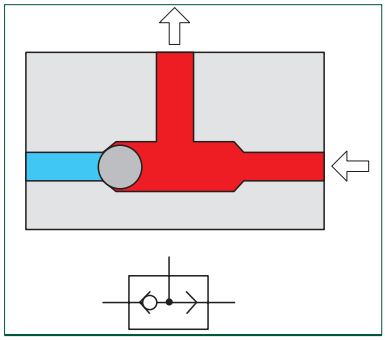
6.35. Válvula 3/2 con asiento cónico.



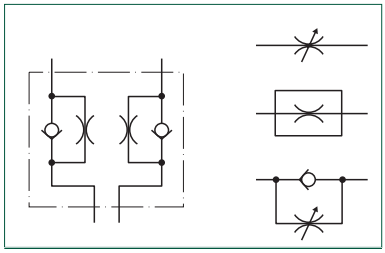
6.36. Circuito hidráulico con una válvula de centros cerrados.



6.38. Válvulas antirretorno pilotadas.



6.39. Símbolo de la válvula selectora función O.



6.40. Válvulas reguladoras de caudal.

8.2 > Válvulas de bloqueo y conmutación

Las válvulas de bloqueo se colocan en las canalizaciones para controlar el paso del aceite por esa canalización. Las válvulas de bloqueo más empleadas en los circuitos hidráulicos son las siguientes:

– Válvulas de apertura y cierre de circuito.
– Válvula antirretorno.
– Válvula antirretorno pilotada.
– Válvulas selectoras función O.

Válvulas de apertura y cierre

Son válvulas de dos vías y dos posiciones. Las más empleadas son las válvulas de asiento esférico o de bola.

Válvulas antirretorno

Permiten el paso del aceite en un solo sentido; en el contrario no permiten la circulación.

Válvulas antirretorno pilotadas o desbloqueables

Son utilizadas en hidráulica (figura 6.38). El desbloqueo de las válvulas antirretorno se realiza hidráulicamente por medio de una entrada de presión que levanta la bola de su asiento y anula el antirretorno. Al cortar la presión de pilotaje la válvula se comporta como una válvula antirretorno normal.

Válvulas selectoras función O

Se emplean para alimentar con presión los componentes o circuitos desde dos puntos. Las válvulas disponen de dos entradas para la alimentación y una salida de presión. Funcionan de forma similar a colocar dos válvulas antirretorno enfrentadas con dos entradas de presión y una de salida.

8.3 > Válvulas reguladoras de caudal

Las válvulas reguladoras o estranguladoras de caudal hidráulicas realizan la misma función que las válvulas reguladoras neumáticas y emplean la misma simbología. Se colocan en las canalizaciones, en las entradas y salidas al actuador.

Las válvulas reguladoras permiten modificar la sección de paso del aceite. Se conocen también como estranguladores de caudal.

Las válvulas reguladoras más empleadas son las siguientes:

– Bidireccionales regulables (A).
– Bidireccionales de caudal fijo (B).
– Unidireccionales con antirretorno regulables (C).
– Válvula doble: regula el caudal de forma fija en las dos canalizaciones del circuito (D).

Las válvulas denominadas bidireccionales regulan el paso en los dos sentidos de circulación. Las unidireccionales regulan el paso del aire en un

solo sentido. La válvula antirretorno impide el paso de aceite en el sentido de cierre de la bola (figura 6.40).

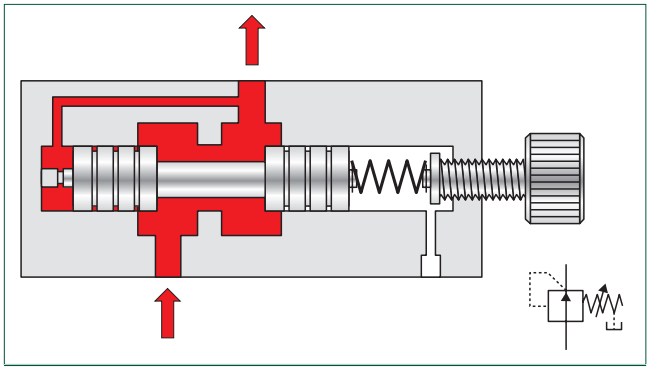
Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión pueden actuar de formas diferenciadas:

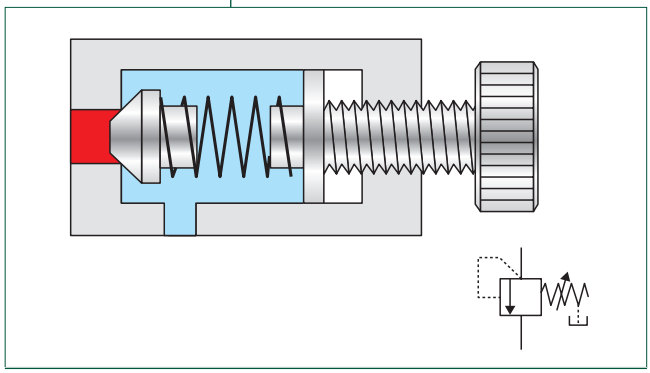
– Reguladoras de presión de circuitos.
– Limitadoras de presión o válvulas de seguridad.

El funcionamiento interno de las válvulas está basado en la fuerza que ejerce la presión del aceite y la fuerza que realiza un muelle, lo que implica que la válvula puede estar en varias posiciones: abierta, cerrada, etc. dependiendo del porcentaje de flujo y la diferencia de presión.

– Las válvulas reguladoras de presión o reductoras de presión (figura 6.41). Son válvulas que reducen la presión en un circuito a partir de ellas. Estas válvulas montadas en un circuito son capaces de mantener una presión de salida constante e inferior a la presión de alimentación.
– Las válvulas limitadoras de presión o válvulas de seguridad (figura 6.42). Su misión es la de proteger el circuito de los excesos de presión. Las válvulas limitadoras más sencillas están formadas por una bola o cono con su asiento y un muelle calibrado.



6.41. Válvula reguladora de presión.



6.42. Válvula limitadora de presión.

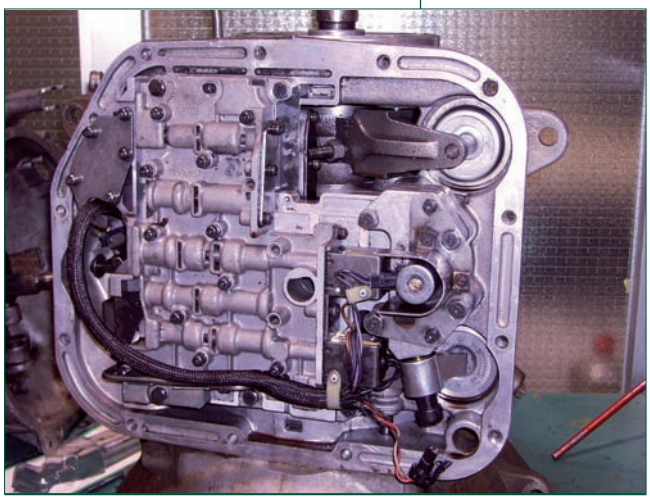
8.4 > Válvulas proporcionales

Las válvulas proporcionales hidráulicas permiten regular el caudal o la presión, según el tipo de válvula, de manera proporcional a la alimentación eléctrica que reciba la válvula. Regulan la presión y el caudal a través de un conducto por medio de una señal eléctrica, que puede ser de corriente o de voltaje. Su principal aplicación es el control de posición y de fuerza, ya que los movimientos son proporcionales y de precisión, lo que permite un manejo más exacto del paso de fluidos.

Las válvulas proporcionales disponen de una bobina eléctrica proporcional que es alimentada por un módulo electrónico, formando un conjunto que permite realizar la regulación exacta que se desee. El funcionamiento es similar al de las válvulas proporcionales neumáticas.

Las válvulas proporcionales hidráulicas se emplean en las cajas de cambios automáticas (figura 6.41).

La hidráulica proporcional permite mantener constante las presiones que se generan en el interior de la caja de cambios automáticas que suelen disponer de bombas hidráulicas de caudal constante (piñones de dentado interior) y necesitan mantener unas presiones de trabajo adaptadas. El módulo de gestión del cambio controla las válvulas reguladoras de presión de forma proporcional, asegurando un funcionamiento adecuado.

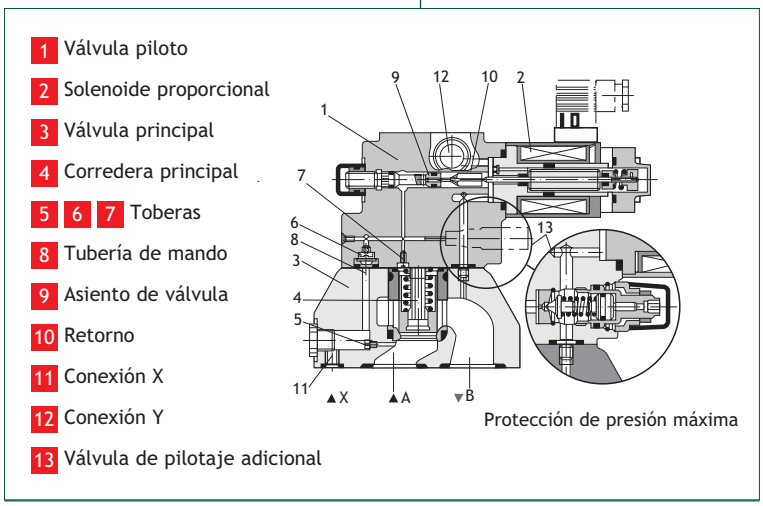


6.43. Caja de válvulas de un cambio automático.

6.44. Canalizaciones del fluido hidráulico de la caja de válvulas.

Ejemplo de funcionamiento de una válvula proporcional limitadora de presión

Las válvulas limitadoras de presión se utilizan para la limitación de la presión en equipos hidráulicos. Con estas válvulas se puede ajustar en forma continua, en función de un valor nominal eléctrico, la presión a limitar. Constan básicamente de válvula piloto (1) con solenoide proporcional (2) y válvula principal (3) con corredera principal (4). El ajuste de la presión se realiza en función de un valor nominal mediante un solenoide proporcional (2). La presión existente en el canal A actúa sobre la cara inferior de la corredera principal (4). Simultáneamente la presión actúa sobre la cara cargada por resorte de la corredera principal (4) a través de la tubería de mando (8) provista de las toberas (5, 6, 7). A través del asiento de válvula (9) la fuerza hidráulica actúa sobre el cono de pilotaje (10) oponiéndose a la fuerza del solenoide proporcional (2). Si la fuerza hidráulica supera la fuerza del solenoide, el cono de pilotaje (10) se abre. Debido al posible flujo de aceite de mando a través de la conexión Y (12) hacia el depósito, se desarrolla sobre las toberas (5, 6) una caída de presión, que actúa sobre la corredera principal y ésta contra la fuerza del resorte de retorno (10). Se establece la vinculación de la conexión de A hacia B y debido a ello no hay un incremento posterior de presión.



6.45. Válvula limitadora de presión.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Enumera las principales características y propiedades de los líquidos empleados en la hidráulica.

2·· Enumera los componentes que dispone un circuito hidráulico básico y su misión en el circuito.

3·· Explica las diferencias entre un circuito de centro abierto y un circuito de centro cerrado.

4·· Explica la misión de la bomba en un circuito y las diferencias entre una bomba de caudal fijo y otra bomba de caudal variable.

5·· Explica las diferencias constructivas que tiene una bomba de paletas de caudal fijo y otra de caudal variable.

6·· ¿Cómo se modifica el caudal en una bomba de pistones axiales?

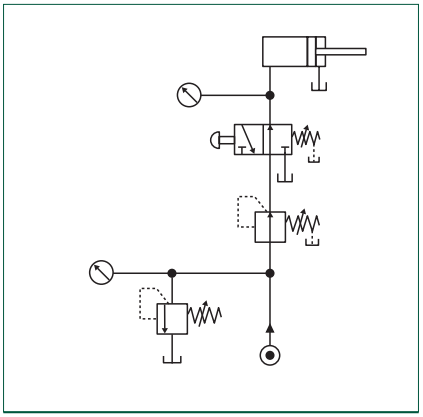
7·· Explica la misión del filtro en un circuito y nombra las posiciones de montaje más comunes.

8·· Explica el funcionamiento de un cilindro de simple efecto tipo ariete y sus ventajas.

9·· Explica el funcionamiento básico de un motor hidráulico.

10·· Anota las principales características de las válvulas empleadas en los circuitos hidráulicos.

11·· Identifica los componentes del esquema del circuito hidráulico de la figura 6.46.



6.46. Esquema de circuito hidráulico.

12·· Explica el funcionamiento de la válvula reguladora de presión y de la limitadora.

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza el mantenimiento de un circuito hidráulico que se disponga en el taller: cambia el aceite, cambia el filtro, revisa las canalizaciones y las conexiones, purga el circuito, sustituye los componentes dañados o averiados, los depósitos, la bomba, los intercambiadores, los acumuladores, las válvulas, los cilindros, las canalizaciones y los latiguillos.

Caso final

Cambio del retén de hermeticidad en una pala cargadora

•• La pala cargadora dispone de un cilindro de doble efecto para voltear el cazo de carga (figura 6.47). Durante su funcionamiento el cazo no responde con rapidez en ninguna de las dos carreras del cilindro, aunque los demás cilindros de la pala funcionan con normalidad. Es síntoma evidente de que el cilindro de doble efecto del cazo tiene un problema de hermeticidad entre las cámaras, posiblemente causado por un desgaste de la junta de hermeticidad o desgaste de la camisa.

Sustituye el retén de hermeticidad del cilindro de doble efecto.

6.47. Pala cargadora.

Solución •• El proceso de sustitución del retén de hermeticidad del cilindro de doble efecto es el siguiente:

1. Desmonta el cilindro de la pala, soltando las canalizaciones (figura 6.48) y los pasadores de unión del cilindro con la pala.
2. Una vez desmontado el cilindro de la pala, el cilindro se puede abrir para extraer el vástago girando la culata del cilindro con una llave especial de puntos o con una llave grifa (figura 6.49).

6.48. Afloja las canalizaciones de entrada y salida.

6.49. Desenrosca la culata roscada.

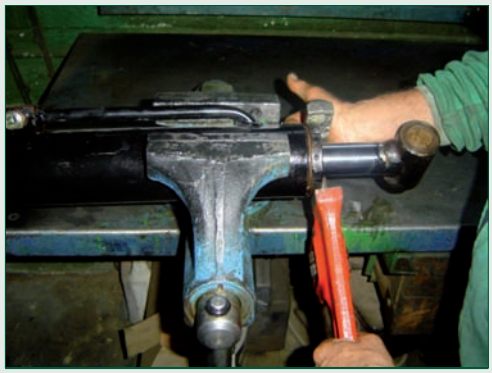
3. Desmonta el vástago y verifica el estado de la camisa y los retenes de hermeticidad entre cámaras (figura 6.50).
4. Sustituye los retenes gastados del émbolo por unos nuevos (figura 6.51). Estos retenes deben coincidir en cuanto su tamaño y forma. Engrasa los retenes nuevos con líquido hidráulico con el fn de facilitar el posterior montaje del cilindro.

6.50. Retenes de hermeticidad.

6.51. Cambia de retenes.

5. Introduce el émbolo con los retenes nuevos en el interior del cilindro y rosca la culata. Engrasa las roscas y aprieta con la llave especial (figura 6.53).
6. Monta el cilindro reparado en la pala (figura 6.54) apretando las canalizaciones en los racores de unión del cilindro y colocando los pasadores con sus cepos de fijación.

6.52. Lubrica las roscas.

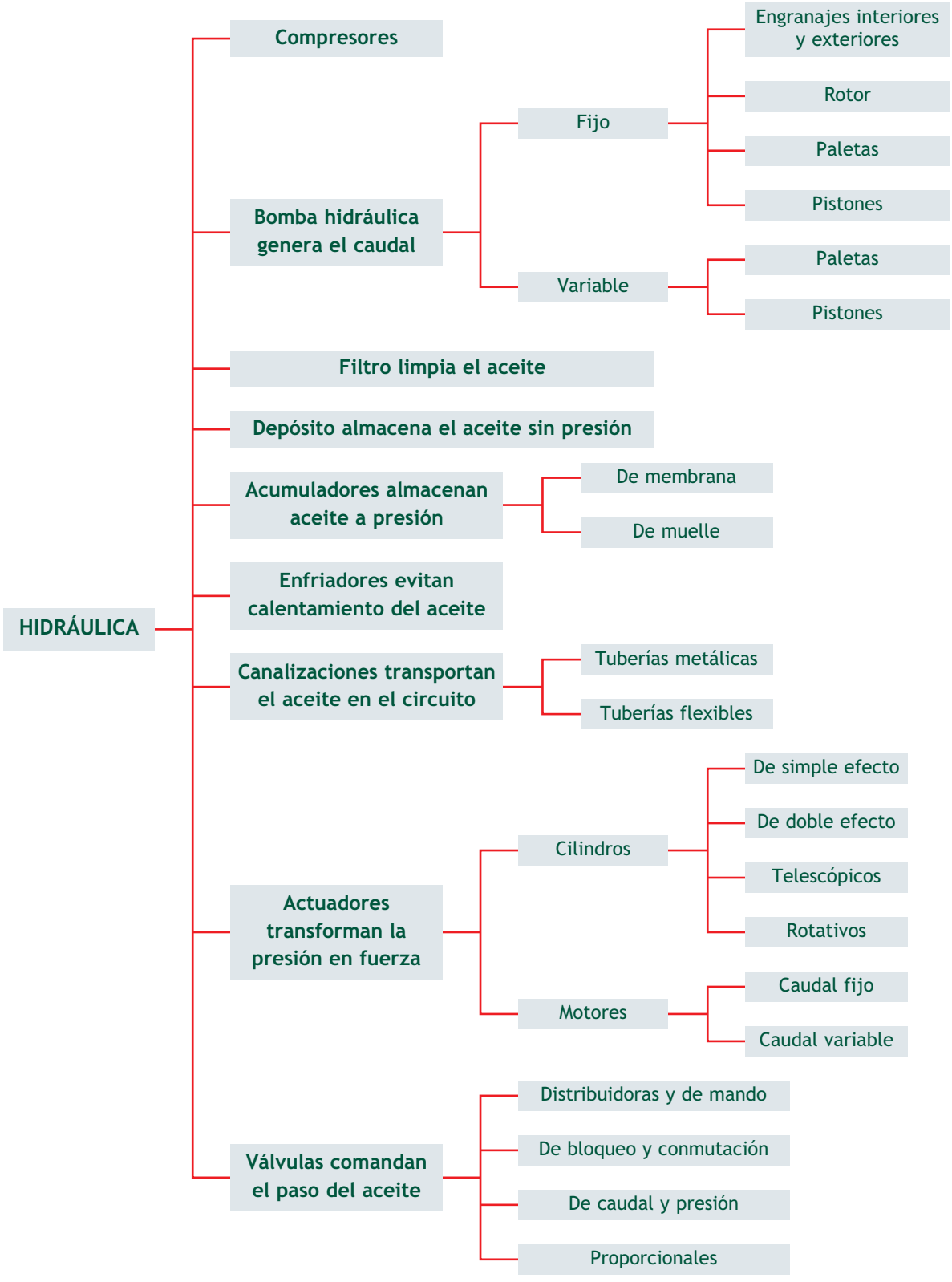


6.53. Rosca la culata.

7. Comprueba el funcionamiento de la pala y que, una vez realizada la reparación, el circuito hidráulico funciona correctamente.

6.54. Cilindro montado en la pala.

Ideas clave


HIDRÁULICA
Compresores
Bomba hidráulica genera el caudal
Fijo
Engranajes interiores y exteriores
Rotor
Paletas
Pistones
Variable
Paletas
Pistones
Filtro limpia el aceite
Depósito almacena el aceite sin presión
Acumuladores almacenan aceite a presión
De membrana
De muelle
Enfriadores evitan calentamiento del aceite
Canalizaciones transportan el aceite en el circuito
Tuberías metálicas
Tuberías flexibles
Actuadores transforman la presión en fuerza
Cilindros
De simple efecto
De doble efecto
Telescópicos
Rotativos
Motores
Caudal fijo
Caudal variable
Válvulas comandan el paso del aceite
Distribuidoras y de mando
De bloqueo y conmutación
De caudal y presión
Proporcionales

FORD APUESTA POR EL FLUIDO HIDRÁULICO PARA EL AUTOMÓVIL HÍBRIDO

La Agencia de Protección de Medio Ambiente estadounidense y la Empresa Ford Motor han anunciado un acuerdo cooperativo para desarrollar un automóvil híbrido, un vehículo de alta eficacia que usa el fluido hidráulico para almacenar y proporcionar la energía que impulsa el coche.

«Este es el primer acuerdo cooperativo que una empresa del automóvil realiza para desarrollar la tecnología definida por el Ministerio de Medio Ambiente», dijo el Administrador del Ministerio, Christie Whitman. *«Esta tecnología puede ser la apuesta más importante y más rentable para alcanzar los objetivos ambientales. Es un buen ejemplo de cómo una sociedad pública/privada puede trabajar para ayudar a consumidores y beneficiar el ambiente».*

«El proyecto de investigación hidráulico híbrido es fruto del compromiso de la empresa Ford de desarrollar y poner en práctica tecnologías que ofrecen soluciones viables en temas que preocupan a la sociedad», dijo el Presidente de la compañía Ford. *«Mientras trabajamos para adaptar en nuestros vehículos tecnologías ya probadas, investigamos para desarrollar nuevos avances para el mañana»*, comentó.

Los expertos consideran que la tecnología hidráulica híbrida puede jugar un papel importante en el futuro. Esta tecnología mejorará la economía de combustible de camiones y vehículos deportivos y reducirá las emisiones de gas invernadero.

Ford está decidida a invertir grandes recursos para desarrollar la producción comercial de esta tecnología, habiéndose fijado como objetivo para esta década la creación de una flota de vehículos de este tipo.

La tecnología básica ha sido desarrollada y patentada por el Ministerio de Medio Ambiente americano y el Laboratorio de Emisiones de Combustible en Michigan. Posteriormente, se ha mejorado bajo el acuerdo cooperativo con Ford. Su principal característica es un motor de alta eficacia y un sistema de propulsión hidráulico híbrido único.

El sistema mixto usa bombas hidráulicas y tanques de almacenaje hidráulicos para almacenar la energía, en lugar de motores eléctricos y pilas usadas en los actuales vehículos eléctricos híbridos.

Geoscopio
17 octubre 2001

unidad 7

Circuitos neumáticos e hidráulicos

SUMARIO

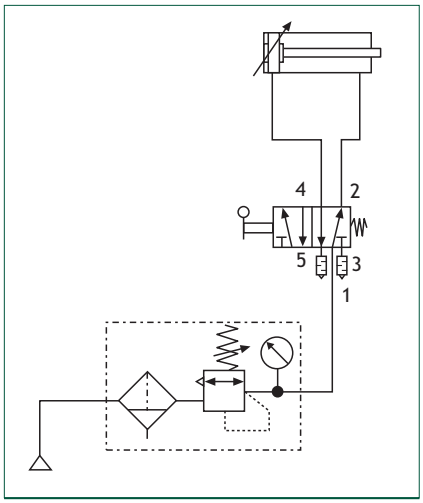
- Esquemas y diseño de circuitos
- Cálculo de fuerza que realiza un cilindro
- Montaje de circuitos en paneles
- Estudio de circuitos empleados en vehículos

OBJETIVOS

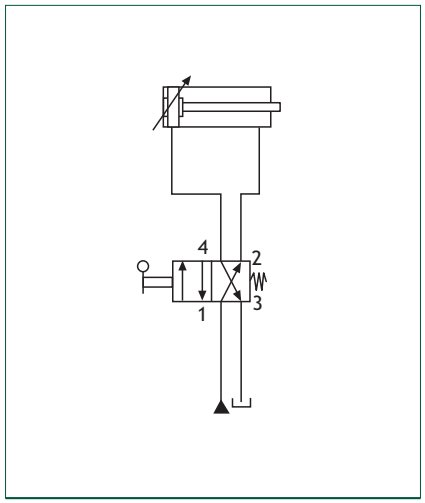
- Estudiar circuitos reales montados en vehículos.
- Conocer cómo se realiza la representación gráfica de los circuitos.
- Conocer la gráfica de los movimientos de los émbolos.
- Realizar los cálculos de la fuerza que realiza un cilindro.
- Aprender a realizar el montaje de circuitos en paneles o maquetas.

1 >> Circuitos neumáticos e hidráulicos y su diseño

Los componentes neumáticos e hidráulicos estudiados en las unidades anteriores no realizan ninguna función por sí solos. Deben montarse formando un conjunto en el que cada pieza se diseña y construye para realizar su función o cometido.



7.1. Ejemplo de circuito neumático.



7.2. Ejemplo de circuito hidráulico.

Los circuitos están conformados por el conjunto de componentes necesarios para poder realizar el desplazamiento o giro del actuador. Según el fluido que se emplee se denominarán circuitos neumáticos, hidráulicos o mixtos.

Los circuitos se representan empleando la simbología normalizada de sus componentes (figura 7.1). Las principales diferencias entre los circuitos neumáticos e hidráulicos son: la fuente de presión y la recogida del aceite en los depósitos. El resto de componentes tienen una simbología muy similar.

En la representación de los circuitos de un solo cilindro se sigue un orden en la colocación de los símbolos que ayuda a entender y comprender el funcionamiento del circuito.

La representación de un circuito (figura 7.3) se puede realizar siguiendo el siguiente método:

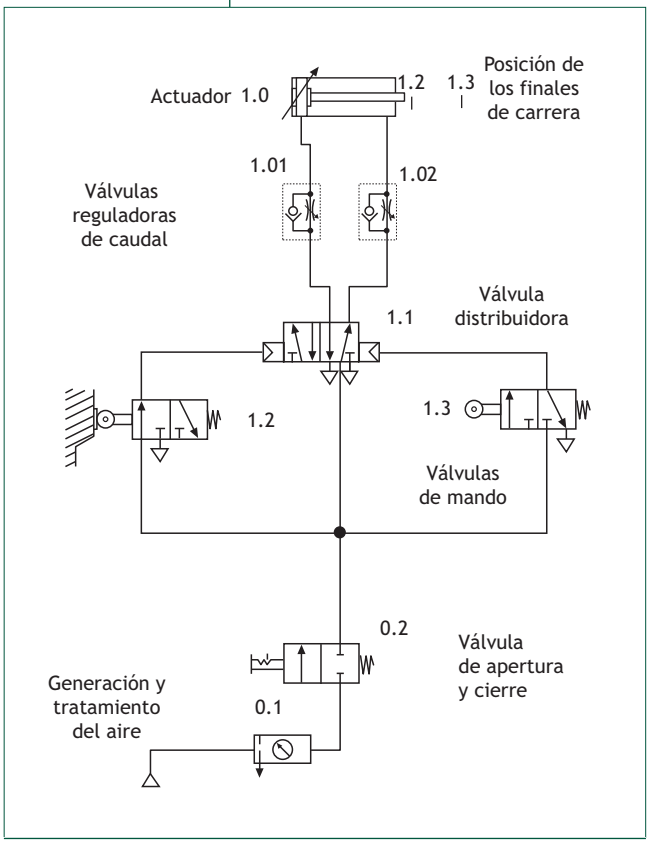
– Se colocan los actuadores (cilindros, motores, pinzas, etc.) en la parte superior y se numeran con un número, por ejemplo, 1.0. Cada actuador tiene su número, que será el número inicial de todos los componentes y válvulas que tienen vinculación con ese actuador.
– Se marca la posición de los finales de carrera en el recorrido del vástago.

Silenciador

En los circuitos neumáticos el aire se expulsa al exterior empleando silenciadores que reducen el ruido y disminuyen la contaminación acústica.

Diseño de circuitos con ordenador

El programa de ordenador para diseñar los circuitos neumáticos e hidráulicos FluidSIM de Festo permite seleccionar los componentes de una biblioteca, unirlos con las canalizaciones, visualizar el funcionamiento y realizar los cálculos de los esfuerzos.



7.3. Representación gráfica de un circuito.

Las válvulas reguladoras

Las válvulas reguladoras de caudal se emplean para regular la entrada y salida del fluido en los cilindros. Cerrando el paso de la válvula se puede regular la velocidad de entrada y salida del émbolo.

Equivalencias entre unidades de presión

$$1 \text{ bar} = 10 \frac{N}{cm^2}$$

– El número indica qué válvula (final de carrera) se encuentra colocada en ese punto, por ejemplo 1.2.
– Las válvulas reguladoras de caudal se pueden colocar en la entrada del actuador o en los escapes de la válvula distribuidora. Numeradas 1.01, 1.02, etc.
– La válvula distribuidora principal se coloca centrada y numerada, con la numeración 1.1.
– Las válvulas de mando (finales de carrera) se colocan a los lados de las distribuidoras. Los números coinciden con los de las marcas de los finales de carrera, 1.2 ó 1.3.
– En la parte inferior se representa la generación de presión y tratamiento de fluidos (filtros). Numerados con el 0 delante, indican que son elementos comunes para varios circuitos: 0.1, 0.2, etc.

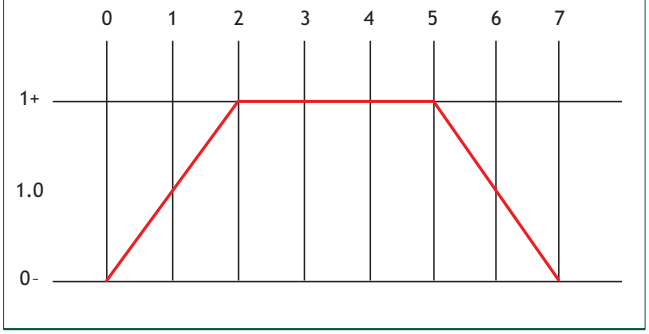
1.1 > Diagrama de movimientos del cilindro

El diagrama de movimientos indica la posición y la velocidad de desplazamiento del vástago.

El número 1.0 en la figura 7.4 señala el cilindro. Las posiciones del émbolo se representan de la siguiente forma:

– El 0- indica que el cilindro se encuentra replegado en posición de salida.
– El 1+ indica que el cilindro se encuentra extendido al final de su carrera.

Los números 1, 2, 3, etc. en el eje de abcisas miden el tiempo en segundos.



7.4. Diagrama de movimientos de un cilindro.

Casos prácticos

Diagrama real de tres cilindros

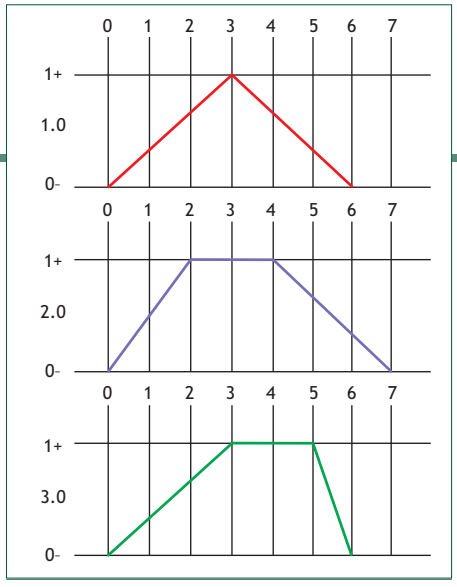
•• Analiza el diagrama de movimientos de los cilindros de la figura 7.5.

Solución ••

a) Cilindro 1.0. El vástago del cilindro se despliega en tres segundos, lentamente. Al llegar al final de su carrera vuelve y se repliega en tres segundos.

b) Cilindro 2.0. El vástago del cilindro se despliega más rápido, en dos segundos. Al llegar al final de su carrera se para dos segundos y se repliega en tres segundos.

c) Cilindro 3.0. El vástago del cilindro se despliega en tres segundos. Al llegar al final de su carrera se mantiene dos segundos y se repliega muy rápido, en un segundo.

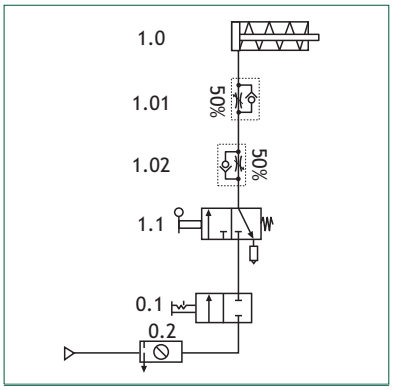


7.5. Diagrama de movimientos de tres cilindros.

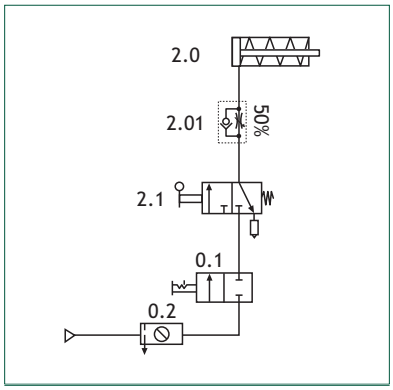
Casos prácticos

Realización de esquemas de circuitos

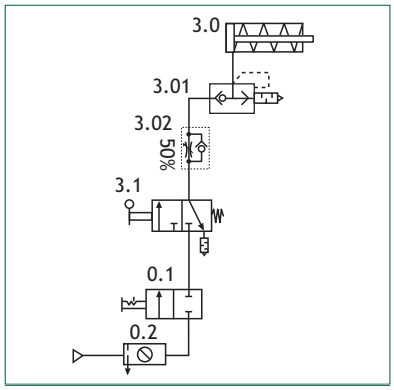
•• Dibuja los circuitos neumáticos que representan los diagramas de los cilindros empleando un cilindro de simple efecto, válvulas reguladoras de caudal, escape rápido y una válvula 3/2 accionada manualmente que controlará el tiempo de reposo del émbolo al final de su recorrido.



7.6. Circuito 1.



7.7. Circuito 2.



7.8. Circuito 3.

1.2 > Fuerza desarrollada por un cilindro

Los cilindros transforman la presión que reciben en fuerza que es empleada en desplazar una carga.

Las unidades de la presión (P) en el sistema internacional son los bares (bar). La superficie útil de los émbolos se mide en centímetros cuadrados (cm^2) y la fuerza desarrollada, en newtons (N). Para los cálculos no se tienen en cuenta los rozamientos.

Se aplica la fórmula siguiente:

$$P = \frac{F}{S}$$

Despejando la fuerza de la fórmula anterior se obtiene:

$$F = P \cdot S$$

Regulación de la velocidad del cilindro

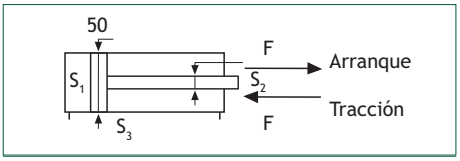
En los circuitos neumáticos, para regular la velocidad de salida y entrada del émbolo, es conveniente estrangular los escapes del aire. El cilindro se desplazará con más suavidad.

Casos prácticos

Cálculo de la fuerza que realiza un cilindro

•• Calcula la fuerza que realiza un cilindro de doble efecto, en arranque y tracción, en un circuito neumático con una presión de 6 bar.

Y el mismo cilindro en un circuito hidráulico con una presión de 200 bar.



7.9. Medidas del cilindro en mm.

Solución •• Las medidas del cilindro son:

Diámetro del émbolo = 50 mm
Diámetro del vástago = 25 mm

1. Se calcula la superficie útil en cm^2 de las dos cámaras del cilindro:

- Superficie del émbolo: $S_1 = \pi \cdot D^2/4 = 3{,}14 \cdot (5\ cm)^2/4 = 19{,}62\ cm^2$
- Superficie del vástago: $S_2 = \pi \cdot D^2/4 = 3{,}14 \cdot (2{,}5\ cm)^2/4 = 4{,}9\ cm^2$
- Para calcular la superficie útil (S_3) resta la superficie del vástago (S_2) a la superficie del émbolo (S_1):

$S_3 = S_1 - S_2 = 19{,}62\ cm^2 - 4{,}9\ cm^2 = 14{,}72\ cm^2$

2. Se calcula la fuerza que realiza el cilindro en arranque y tracción en los dos circuitos:

$$F_1 = P_1 \cdot S_1$$

- Teniendo en cuenta la conversión de bares a N/cm^2:

1 bar = 10 N/cm^2 ; 6 bar = 60 N/cm^2; 200 bar = 2 000 N/cm^2

- En un circuito neumático, la fuerza es:

$F_1 = 60\ N/cm^2 \cdot 19{,}62\ cm = 1\ 177{,}2\ N = 117{,}72$ daN en arranque
$F_2 = 60\ N/cm^2 \cdot 14{,}72\ cm = 883{,}2\ N = 88{,}32$ daN en tracción

- En el circuito hidráulico, el mismo cilindro desarrolla las siguientes fuerzas:

$F_4 = 2\ 000\ N/cm^2 \cdot 19{,}62\ cm = 39\ 240\ N = 3\ 924$ daN en arranque
$F_2 = 2\ 000\ N/cm^2 \cdot 14{,}72\ cm = 29\ 440\ N = 2\ 944$ daN en tracción

- Los fabricantes de cilindros proporcionan tablas con las medidas de los cilindros, las secciones en cm^2 del émbolo (D) y del vástago (d) y los esfuerzos en daN que realizan a determinadas presiones en bar:

D (mm)	d (mm)	Sección (cm^2)		Esfuerzos (daN para presión en bar)							
				2		4		6		8	
		S_a	S_r	F_a	F_r	F_a	F_r	F_a	F_r	F_a	F_r
10	4	0,8	0,6	1,6	1,2	3,2	2,4	4,8	3,6	6,4	4,8
12	6	1,1	0,8	2,2	1,6	4,4	3,2	6,6,	4,8	8,8	6,4
16	6	2,0	1,7	4,0	3,4	8,0	6,8	12,0	10,2	16,0	13,6
20	10	3,1	2,3	6,2	4,3	12,4	8,6	18,6	13,8	24,8	17,2
25	12	4,9	3,8	9,8	7,6	19,6	15,2	29,4	22,8	39,2	30,4
32	12	8,0	6,9	16,0	13,8	32,0	17,6	48,0	41,4	64,0	55,2
40	18	12,6	10,0	25,2	20,0	50,4	40,0	75,6	60,0	100,8	80,0
50	18	19,6	17,0	39,2	34,0	78,4	68,0	117,6	102,0	156,8	136,0
63	22	31,2	27,4	62,4	54,8	124,8	109,6	187,2	164,4	249,6	219,2
80	22	50,3	46,5	100,6	93,0	201,2	186,0	301,8	279,0	402,4	372,0
100	30	78,5	71,5	157,0	143,0	314,0	286,0	471,0	429,0	628,0	572,0
125	30	123,0	115,7	246,0	213,4	492,0	462,8	738,0	694,2	984,0	925,6
160	40	201,0	188,0	402,0	376,0	804,0	752,0	1206,0	1128,0	1608,0	1504,0
200	40	314,0	301,0	628,0	302,0	1256,0	1204,0	1884,0	1806,0	2412,0	2408,0
250	50	491,0	471,0	982,0	942,0	1954,0	1884,0	2946,0	2826,0	3928,0	3768,0

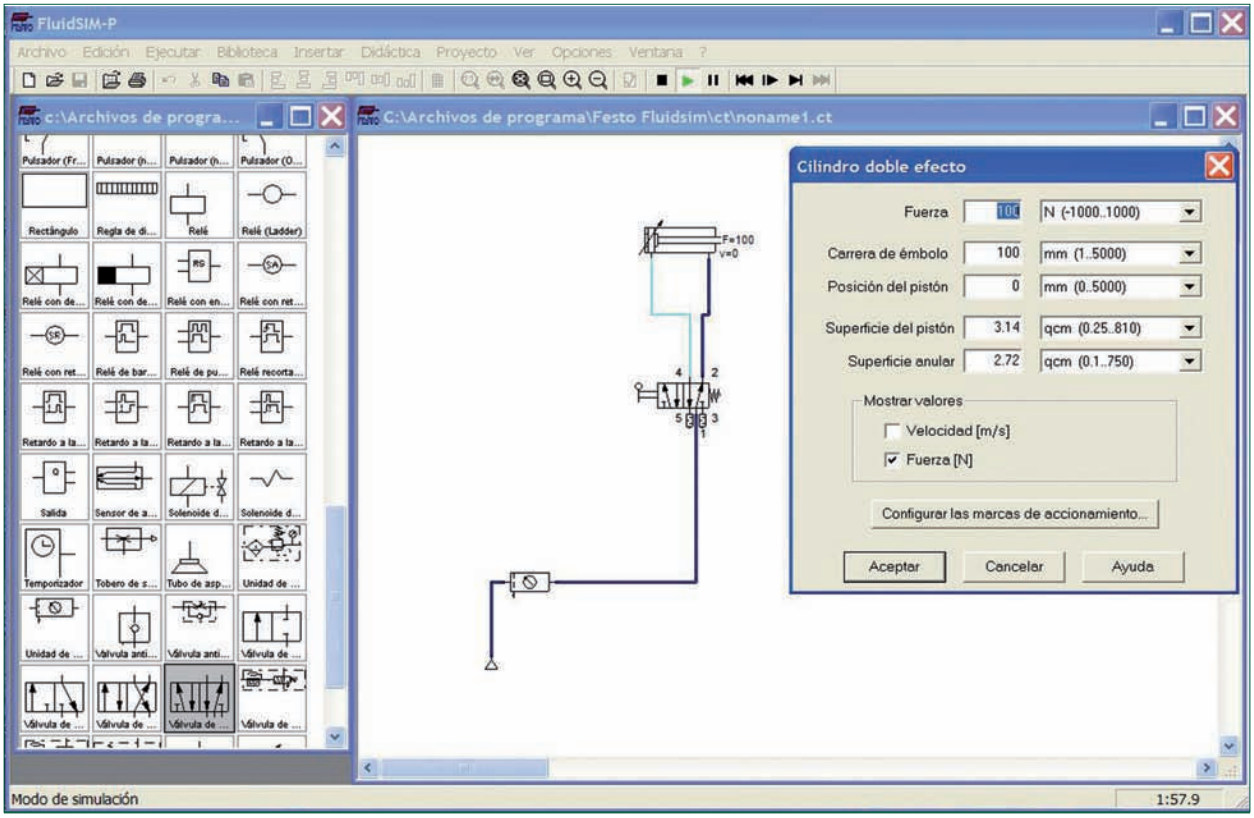
Casos prácticos

Cálculo de fuerza con FluidSIM

•• Calcula la fuerza que puede realizar un cilindro con el programa de diseño de circuitos FluidSIM.

Solución •• Los pasos que debes seguir para completar el caso son los siguientes:

- Realiza el circuito.
- Pincha sobre el símbolo del cilindro. Pulsando el botón de la derecha del ratón se abre un desplegable con las propiedades y los principales parámetros. El programa te permite entrar en el cuadro de la fuerza y anotar la fuerza que debe realizar el cilindro. Por ejemplo, 100 N.
- Ejecuta el programa. Si se puede realizar la fuerza de los 100 N, el cilindro se desplazará.



7.10. Parte de la simulación en la que se seleccionan las propiedades del cilindro de doble efecto.

Actividades propuestas

1•• Monta los tres circuitos representados en las figuras 7.11, 7.12 y 7.13 en un panel.

2•• Monta un circuito de un cilindro de doble efecto accionado por una válvula 5/2 con accionamiento manual, controlando la salida y la entrada del émbolo con válvulas estranguladoras de caudal en los escapes de la válvula.

2 >> Distintos tipos de circuitos

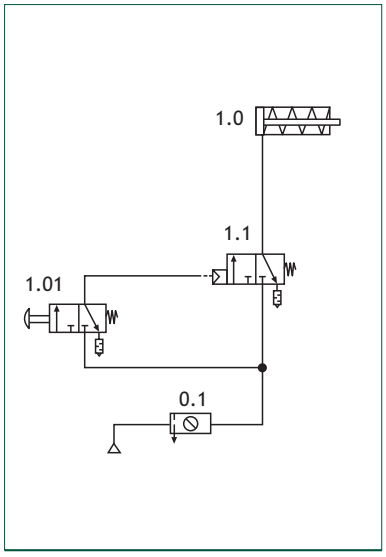
El tipo de circuito que se monta se encuentra condicionado al cilindro empleado en cada montaje. Los cilindros más empleados son los de simple y doble efecto.

2.1 > Circuitos con un cilindro de simple efecto

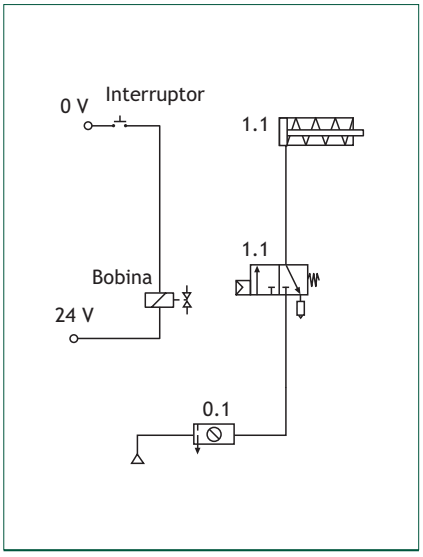
El cilindro de simple efecto se emplea en los circuitos en los que no es necesario realizar fuerza en la fase de retroceso. Este cilindro retrocede por el propio peso que soporta o por la fuerza de un muelle.

Para realizar este circuito se necesita conocer los esfuerzos que debe realizar y el automatismo que tenga el circuito: mando manual (directo) o comandado (indirecto).

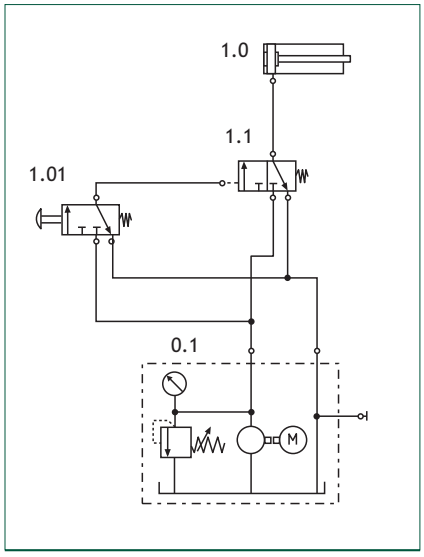
El cilindro de simple efecto se puede comandar con una válvula de 3 vías y 2 posiciones, 3/2, accionada directamente sobre la válvula de forma manual, como en los circuitos de las figuras 7.6, 7.7 y 7.8; y con válvulas distribuidoras 3/2 accionadas de forma indirecta, pilotaje neumático (figura 7.11), empleando un circuito eléctrico y una bobina (figura 7.12). En un circuito hidráulico el pilotaje de la válvula se realiza de forma hidráulica (figura 7.13).



7.11. Accionamiento neumático.



7.12. Accionamiento eléctrico.



7.13. Accionamiento hidráulico.

Actividades propuestas

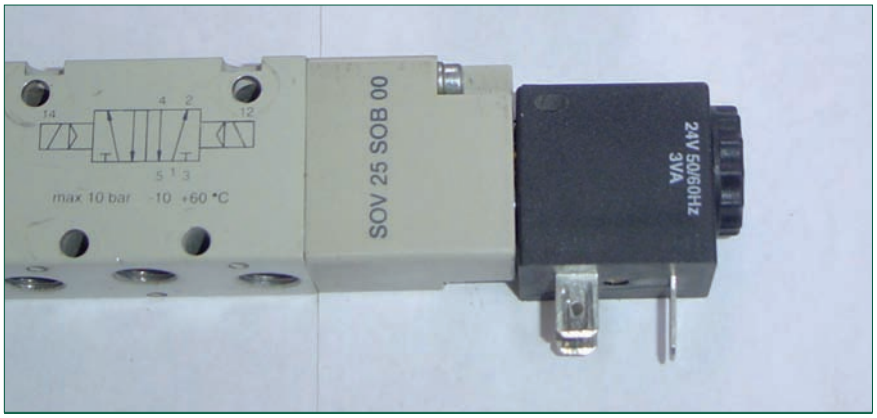
3·· Monta en un panel los circuitos de las figuras 7.11, 7.12 y 7.13.

4·· Calcula la fuerza que realizan los cilindros que se monten en los circuitos con la presión de trabajo. En los cálculos de la fuerza es necesario tener en cuenta las pérdidas que tiene el cilindro de simple efecto para vencer la fuerza del muelle, un ±10%.

2.2 > Circuitos con cilindros de doble efecto

Los cilindros de doble efecto son los más empleados en los circuitos. Permiten realizar fuerza en sus dos desplazamientos, tanto en la salida como en el retroceso.

Estos cilindros se comandan con válvulas distribuidoras de 4 ó 5 vías y como mínimo 2 posiciones (figura 7.14). Los accionamientos que se emplean son similares a los empleados en los cilindros de simple efecto, de forma directa y manual (figura 7.15) o indirectamente con pilotajes neumático, eléctrico o hidráulico.



7.15. Válvula 5/2 de accionamiento mixto, neumático y eléctrico con relé de 24 V.

2.3 > Circuitos con finales de carrera

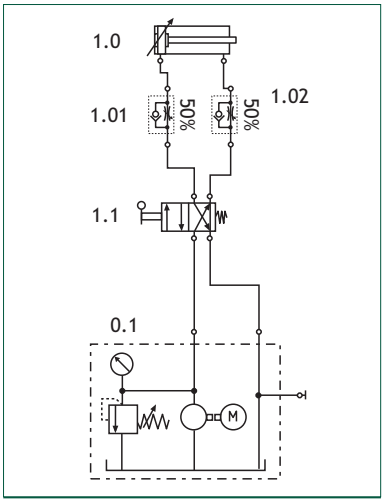
Los finales de carrera se emplean en circuitos hidráulicos y neumáticos. Su misión consiste en pilotar las válvulas distribuidoras que comandan el cilindro (figura 7.16) consiguiendo automatizar el funcionamiento del circuito.

Los finales de carrera más empleados son:

– Mecánicos: válvulas 3/2 con accionamiento por rodillo.
– Eléctricos: captadores de proximidad magnéticos.

Válvulas 5/2

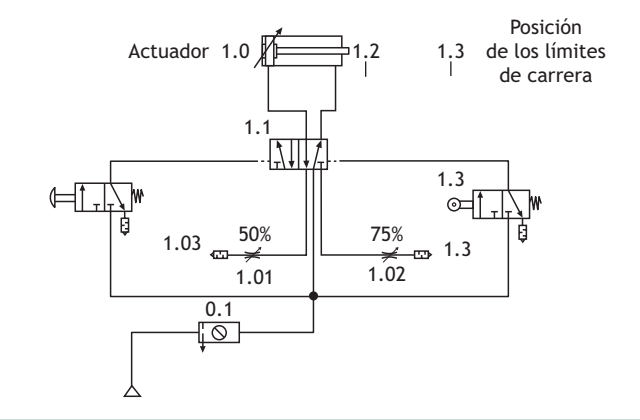
En los circuitos neumáticos con cilindros de doble efecto se emplean las válvulas de 5/2, que tienen una vía para cada escape, lo que permite colocar un regulador de caudal y controlar la velocidad de salida y entrada del cilindro de forma independiente. Las válvulas 4/2 no permiten realizar esta acción ya que los dos escapes del cilindro salen por la misma vía.



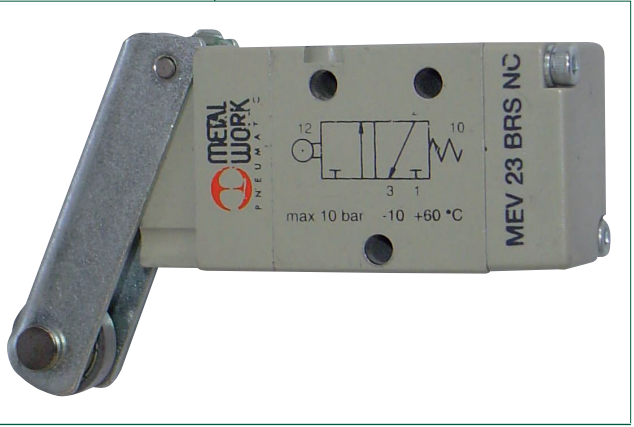
7.14. Accionamiento manual 4/2.

Imán en los émbolos

Los cilindros neumáticos en el émbolo pueden disponer de un imán para activar los finales de carrera magnéticos (captadores de proximidad).



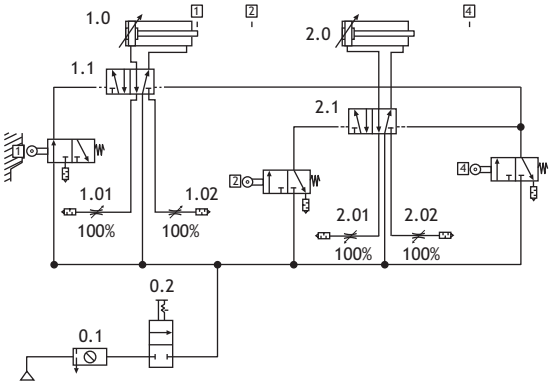
7.16. Circuito neumático con un cilindro y un final de carrera.



7.17. Válvula 3/2 con accionamiento por rodillo (final de carrera).

Cuando el circuito dispone de dos o más cilindros, los finales de carrera comandan indistintamente las válvulas distribuidoras de cada cilindro. El final de carrera 4 de la figura 7.19 alimenta con presión las dos válvulas 1.1 y 1.2, sincronizando el retroceso de los dos cilindros.

7.18. Final de carrera eléctrico (se coloca en el cilindro).



7.19. Circuito con finales de carrera.

Actividades propuestas

5·· Monta el circuito 7.16 en un panel con todos los componentes.

6·· Dibuja la gráfica de movimientos del cilindro, teniendo en cuenta el porcentaje de apertura de las válvulas estranguladoras.

7·· Monta sobre un panel el circuito 7.19.

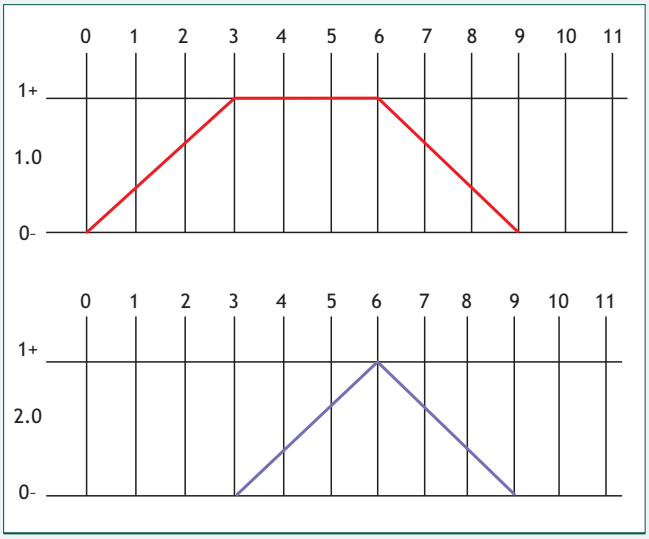
8·· Comprueba que la gráfica de movimientos de los cilindros (figura 7.20) es correcta.

9·· Actúa sobre las válvulas estranguladoras de caudal para controlar las velocidades de salida y entrada de los vástagos. Anota cómo actúa cada regulador.

10·· Calcula la fuerza en daN que realiza cada cilindro en sus dos desplazamientos, con una presión de 8 bar. Medidas de los cilindros:

1.0 Diámetro del émbolo: 40 mm
Diámetro del vástago: 18 mm

2.0 Diámetro del émbolo: 100 mm
Diámetro del vástago: 22 mm



7.20. Gráficas de movimientos.

3 >> Circuitos en vehículos

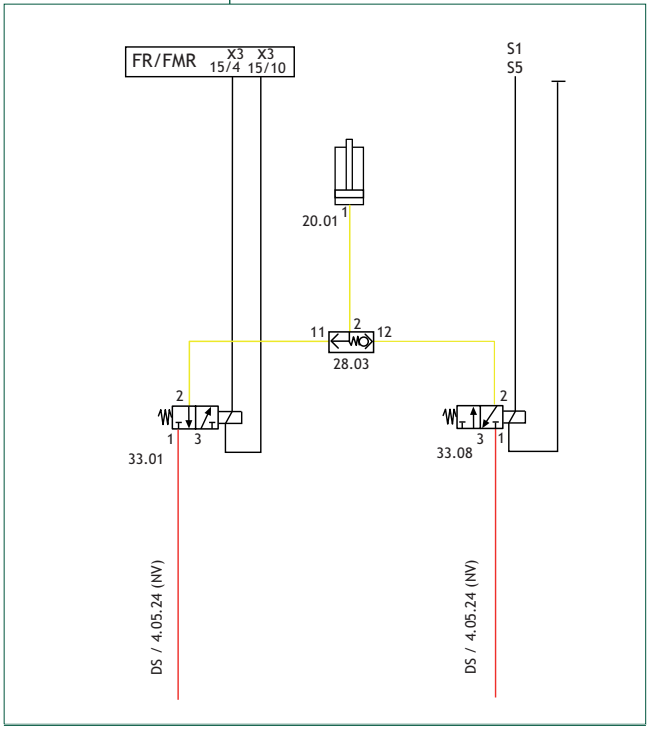
Los circuitos neumáticos e hidráulicos montados en los vehículos pueden disponer de gestión electrónica y accionamiento eléctrico.

3.1 > Circuito neumático del freno motor

El accionamiento del freno motor en vehículos industriales se realiza cerrando una mariposa colocada en el colector de escape.

Este sistema emplea un cilindro de simple efecto (20.01) (figura 7.21), dos válvulas 3/2 de accionamiento eléctrico (33.01 y 33.08) y una válvula de simultaneidad función O (28.03). La válvula de simultaneidad permite que se pueda alimentar indistintamente desde las dos electroválvulas.

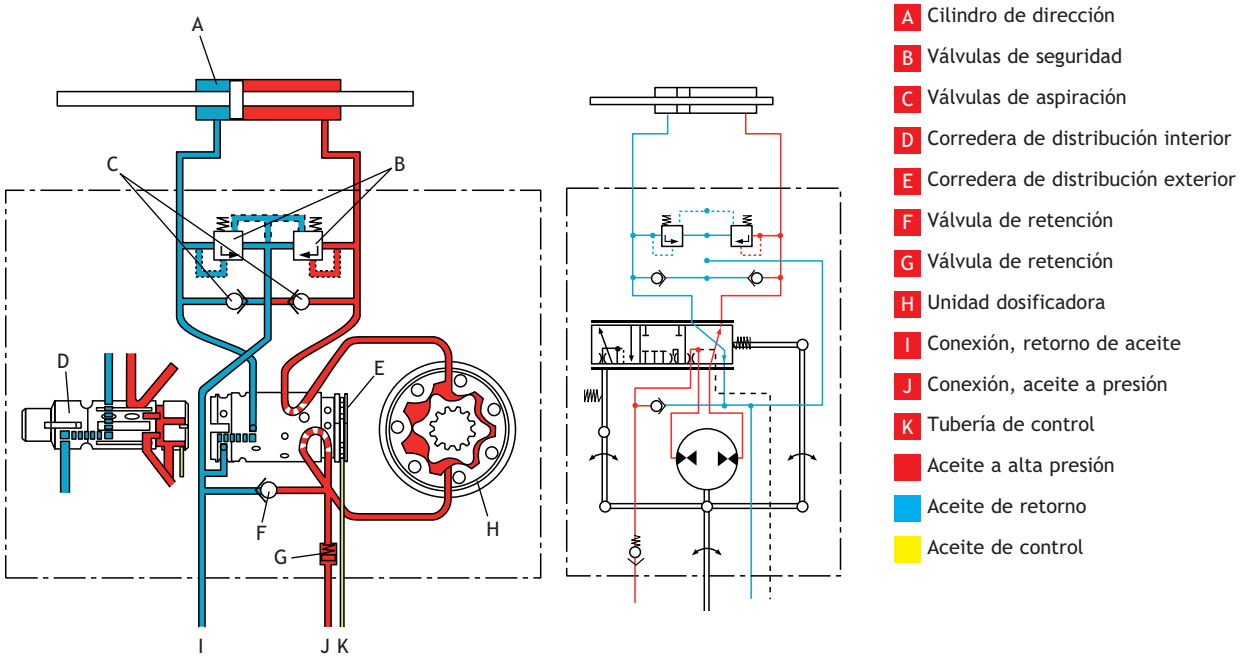
El módulo electrónico A3 alimenta eléctricamente las dos electroválvulas.



7.21. Esquema neumático y eléctrico de un freno motor. Fuente: Mercedes.

3.2 > Circuito hidráulico de una dirección

El circuito hidráulico de la dirección de la figura 7.22 no dispone de gestión electrónica. El funcionamiento y control del circuito se realiza de forma hidráulica y mecánica.



7.22. Circuito hidráulico de dirección. Fuente: John Deere.

La válvula corredera de distribución 7/3 cambia su posición relativa al girar el volante de dirección. Las variaciones del volante desde 1,5° aproximadamente abren los canales y el aceite puede fluir hasta la unidad dosificadora.

El flujo de aceite respalda el movimiento giratorio del rotor, que envía el aceite estacionario de la unidad dosificadora al lado opuesto. Desde allí el aceite pasa por los conductos abiertos de las correderas hasta la conexión correspondiente (derecha o izquierda) según la dirección en la que se gire el volante.

Al mismo tiempo, el aceite de retorno que viene por la otra conexión es enviado, por los conductos de retorno abiertos de las correderas, hasta la conexión de retorno I color azul en los dos esquemas.

La unidad dosificadora H parece una bomba de rotor en el esquema. Su misión consiste en controlar el caudal de líquido que circula por ella y de este modo regula la velocidad de desplazamiento del cilindro. Esta válvula se encuentra situada en la caña de la dirección, igual que la válvula corredera de distribución, válvula 7/3, de siete vías y tres posiciones. La posición de la figura 7.22 (giro izquierda) indica el centro en posición de reposo y la posición de la derecha, giro a derechas de las ruedas.

Casos prácticos

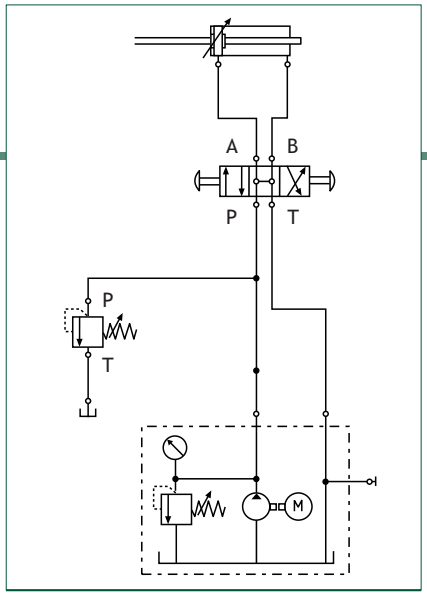
Circuito de la dirección asistida

•• Monta en el panel un circuito hidráulico de una dirección asistida sin regulación de velocidad.

Solución •• Los pasos para realizar el montaje correctamente son los siguientes:

1. Realiza el circuito con los símbolos.
2. Localiza los componentes que forman el circuito:

- Cilindro de émbolo pasante con amortiguación.
- Válvula de accionamiento manual 4/3 y centros comunicados.
- Válvula limitadora grupo de presión.
- Grupo generador de presión con limitadora y depósito.
- Canalizaciones de enchufe rápido.



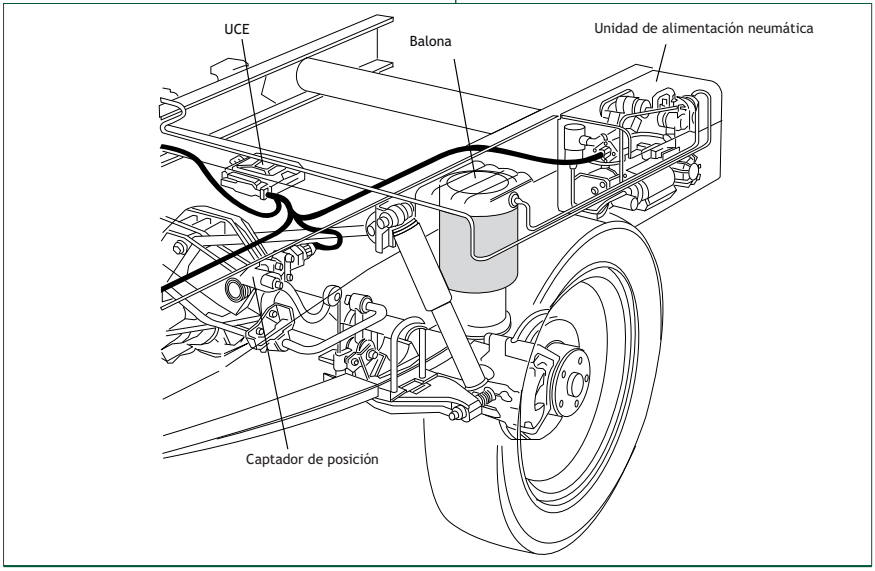
7.23. Circuito sobre panel de una dirección.

Actividades propuestas

11•• Monta en un panel el circuito neumático de la figura 7.21. El accionamiento eléctrico de las electroválvulas se realiza con dos interruptores manuales.

3.3 > Circuito neumático gestionado electrónicamente

El circuito de la figura 7.25 dispone de dos compresores accionados por motores eléctricos que la unidad de control (UCE 1) pone en funcionamiento a través de los relés (7). Los muelles neumáticos o balonas (13 y 21) soportan el peso y mantienen el nivel de la carrocería. El circuito dispone de un captador de posición o transmisor de nivel (22) que informa al módulo de la posición en la que se encuentra la carrocería, que alimenta con presión para subir el nivel. Para bajar el nivel se descargan de aire los muelles neumáticos (13 y 21) alimentando eléctricamente la electroválvula 2/2 (20).



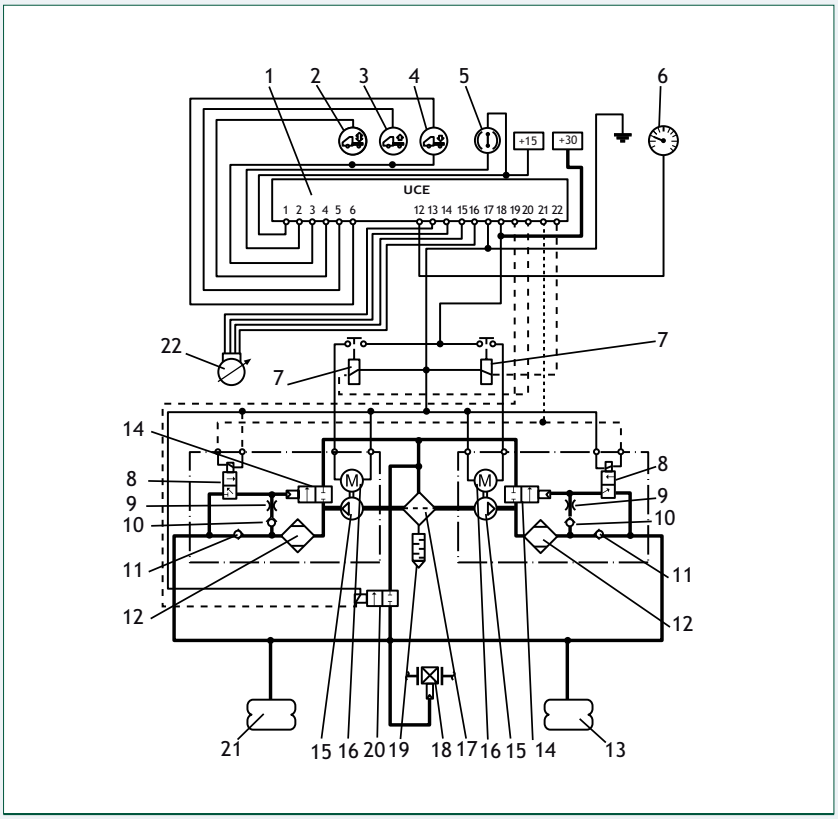
7.24. Muelle neumático de una suspensión trasera.

Actividades propuestas

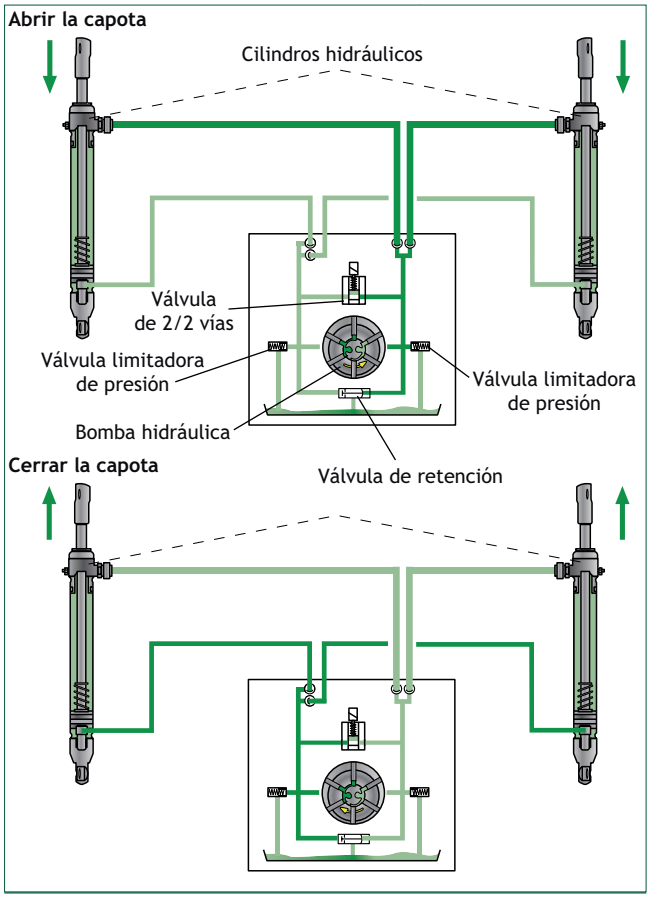
12·· Identifica todos los componentes neumáticos numerados del esquema de la figura 7.25.

Indica el número del pin de la unidad de control de las siguientes señales de entrada y salida:

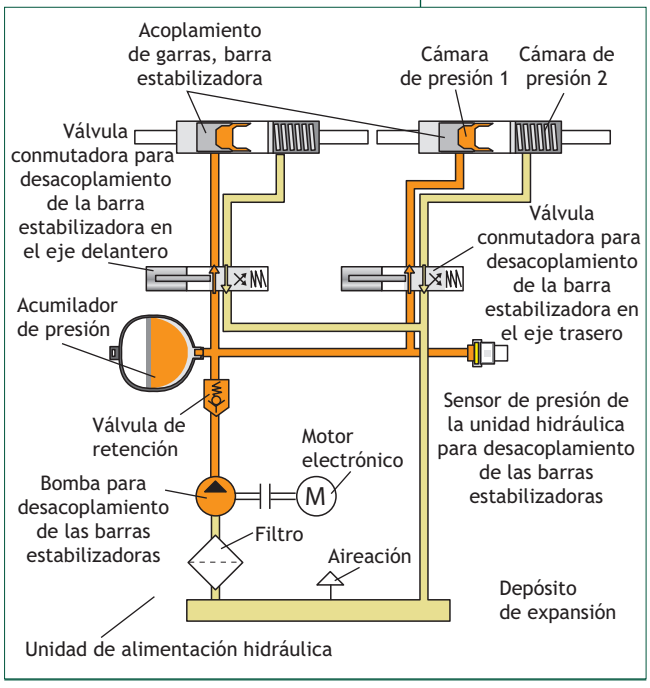
- Masa de unidad de control.
- Corriente directa de batería.
- Corriente de llave de contacto.
- Velocímetro.
- Avería o emergencia.
- Activación de los relés de mando del motor eléctrico.
- Del sensor de nivel.
- Del interruptor de elevación.



7.25. Circuito de instalación neumática de la suspensión. Fuente: Iveco.



7.26. Circuito hidráulico de apertura de la capota. Fuente: Audi.



7.27. Circuito hidráulico del sistema de barra estabilizadora desacoplable.

3.4 > Circuito hidráulico gestionado electrónicamente

El circuito hidráulico de apertura y cierre de la capota dispone de dos cilindros de doble efecto y un grupo hidráulico con una bomba hidráulica accionada eléctricamente, dos válvulas limitadoras de presión, una electroválvula 2/2, una válvula de retención y el depósito del aceite.

El circuito basa su funcionamiento en la inversión del giro de la bomba hidráulica, que permite alimentar los dos circuitos que dispone la bomba sin válvula distribuidora. Las dos válvulas limitadoras protegen de las sobrepresiones y la válvula de retención, del retorno al depósito.

3.5 > Circuito hidráulico de barras estabilizadoras desacoplables

El circuito hidráulico dispone de un depósito del cual se alimenta de líquido la electrobomba del sistema.

El motor eléctrico que acciona la bomba es gestionado por una unidad de control, que determina el accionamiento de las electroválvulas conmutadoras de la barra estabilizadora.

Además, el circuito incorpora un acumulador de presión y un sensor de presión que informa sobre la presión del sistema a la unidad de control.

Cuando el conductor transmite una señal que expresa sus deseos de desacoplar las barras estabilizadoras o la unidad de control lo requiere, se excitan eléctricamente las electroválvulas conmutadoras que comunican durante esa operación el conducto del acumulador de presión con el correspondiente conducto que va hacia la cámara de presión 1 en la barra estabilizadora en cuestión. El líquido hidráulico de la cámara 2 se descarga al depósito.

Para acoplar las válvulas, se deja de excitar la electroválvula conmutadora y el muelle antagónico de esta cambia de posición la válvula, dejando pasar la presión hacia la cámara de presión 2 de los acoplamientos de las garras. El líquido hidráulico de la cámara 1 se descarga al depósito.

La unidad de alimentación del circuito consta de una bomba hidráulica, accionada por un motor eléctrico, un depósito de expansión, un acumulador de presión, un sensor de presión, así como de dos válvulas conmutadoras para el desacoplamiento de las barras estabilizadoras.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Explica cómo se realiza el diseño de los circuitos hidráulicos y neumáticos.

2·· Explica el diagrama de movimientos de un cilindro.

3·· Calcula las fuerzas que realiza un cilindro de doble efecto en un circuito hidráulico a 100 bar de presión.

Las medidas del cilindro son:

- Diámetro del émbolo: 63 mm
- Diámetro del vástago: 18 mm

4·· Calcula la fuerza que realiza un cilindro de simple efecto en un circuito neumático a 7 bar.

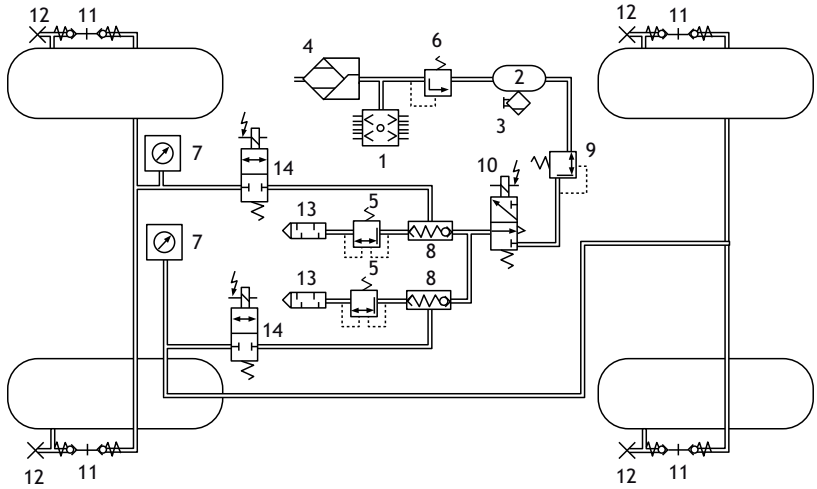
Las medidas del cilindro son:

- Diámetro del émbolo: 32 mm
- Diámetro del vástago: 15 mm

5·· Explica la función que realizan los finales de carrera en los circuitos y qué finales de carrera son los más empleados.

6·· El esquema neumático de la figura 7.28 representa el circuito de regulación de la presión de inflado de neumáticos (RDR de Mercedes).

- Indica qué electroválvulas se deben activar para inflar las dos ruedas delanteras.
- Indica qué electroválvula se debe activar para descarga de presión en el eje trasero.



1 Válvula protectora de cuatro circuitos
2 Depósito de aire comprimido para el sistema de regulación de presión de inflado
3 Separador de agua de accionamiento manual
4 Secador de aire con regulador de presión integrado
5 Válvula de descarga con reflujo limitado
6 Válvula de descarga sin reflujo
7 Manómetro
8 Válvula selectora, previamente tensada
9 Válvula reguladora de presión con seguro de presión
10 Válvula de distribución 3/2 para aireación y desaireación del sistema RDR
11 Acoplamiento para desenganche rápido
12 Empalme para comprobación y llenado
13 Insonorizador
14 Válvula de distribución 2/2 del sistema RDR

7.28. Circuito RDR. Fuente: Mercedes.

.: APLICACIÓN :.

1·· Monta en un panel el circuito neumático de la figura 7.28. Los neumáticos se sustituyen por cilindros de simple efecto, y se puede alimentar con presión en la toma 1 de la electroválvula 33.01.

2·· Monta en un panel el circuito neumático de la figura 7.19 cambiando los finales de carrera mecánicos por captadores de posición eléctricos, y las válvulas de accionamiento mecánico por eléctrico.

3·· Monta, con ayuda del FluidSIM, un circuito hidráulico de frenos con los siguientes elementos:

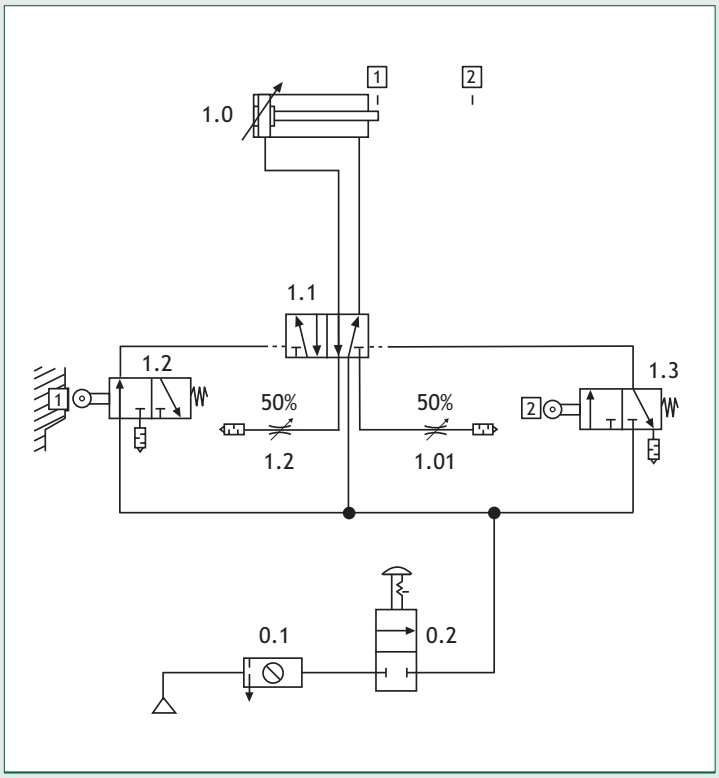
- Un depósito.
- Una bomba hidráulica.
- Una válvula 3/2.
- Una válvula reguladora de presión para el eje trasero.
- Cuatro émbolos de simple efecto.

Caso final

Reparación de un circuito neumático sustituyendo los elementos de origen

•• El circuito neumático de la figura 7.29 dispone de los siguientes elementos:

- Un cilindro de doble efecto 1.0.
- Una válvula distribuidora 5/2 de accionamiento neumático 1.1.
- Dos finales de carrera 1.2 y 1.3.
- Dos estranguladores bidireccionales 1.01 y 1.02 con silenciadores.
- Una válvula 2/2 con pulsador y enclavamiento 0.2.
- Una unidad de mantenimiento 0.1.
- Un compresor.



7.29. Circuito neumático inicial.

El circuito funciona de la siguiente manera: el compresor alimenta de aire al circuito. Al pasar el aire por la unidad de mantenimiento este es limpiado de impurezas y regulado a la presión de trabajo.

Cuando se acciona a la válvula 0.2 el aire a presión alimenta las válvulas 1.1, 1.2 y 1.3. En este momento se pone el émbolo del cilindro en funcionamiento.

Los finales de carrera 1.2 y 1.3 automatizan la salida y retorno del émbolo. Cuando el émbolo llega al final de la carrera cambia la válvula 1.1 de posición debido al final de carrera 1.3 y el émbolo retrocede. Cuando este vuelve a la posición inicial, el final de carrera 1.2 vuelve a cambiar de posición la válvula 1.1 y el émbolo vuelve a salir.

El circuito ha dejado de funcionar por una avería en la válvula distribuidora 5/2 y en recambios no hay disponibilidad hasta dentro de dos semanas; mientras tanto el circuito debe funcionar.

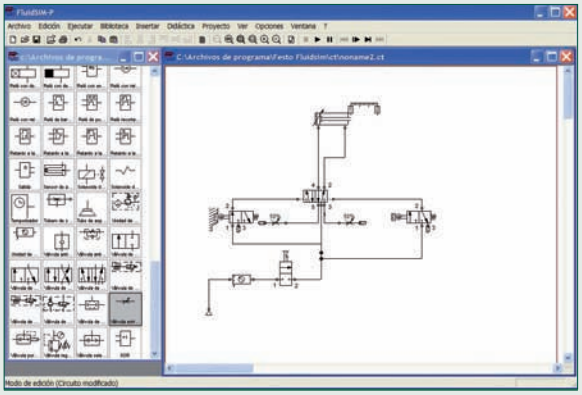
Realiza la reparación del circuito lo antes posible sustituyendo los elementos que sean necesarios con existencias de recambios y haz una simulación con el FluidSIM para comprobar su funcionamiento.

Solución •• En la sección de recambios dicen que tienen en existencias dos válvulas 3/2 con doble accionamiento neumático y plantean la posibilidad de hacer un nuevo circuito.

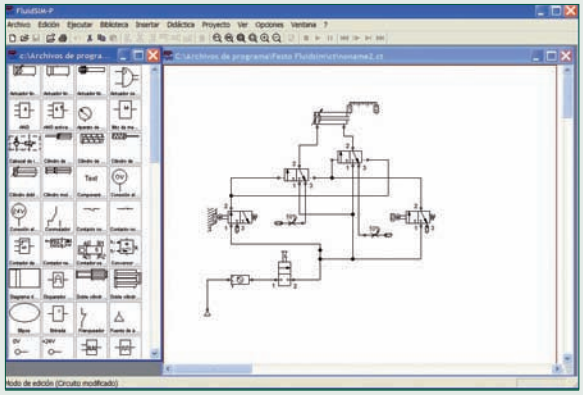
Antes de llevar a cabo la modificación sobre el circuito realizamos una simulación de los componentes en el FluidSIM.

En esta simulación se montan todos los componentes iniciales y se prueba el funcionamiento del circuito. Posteriormente se montan los nuevos componentes y se comprueba que funciona de manera similar al circuito original.

El circuito puede funcionar perfectamente y de igual forma con las dos válvulas 3/2 con doble accionamiento neumático realizando el siguiente conexionado de los componentes:



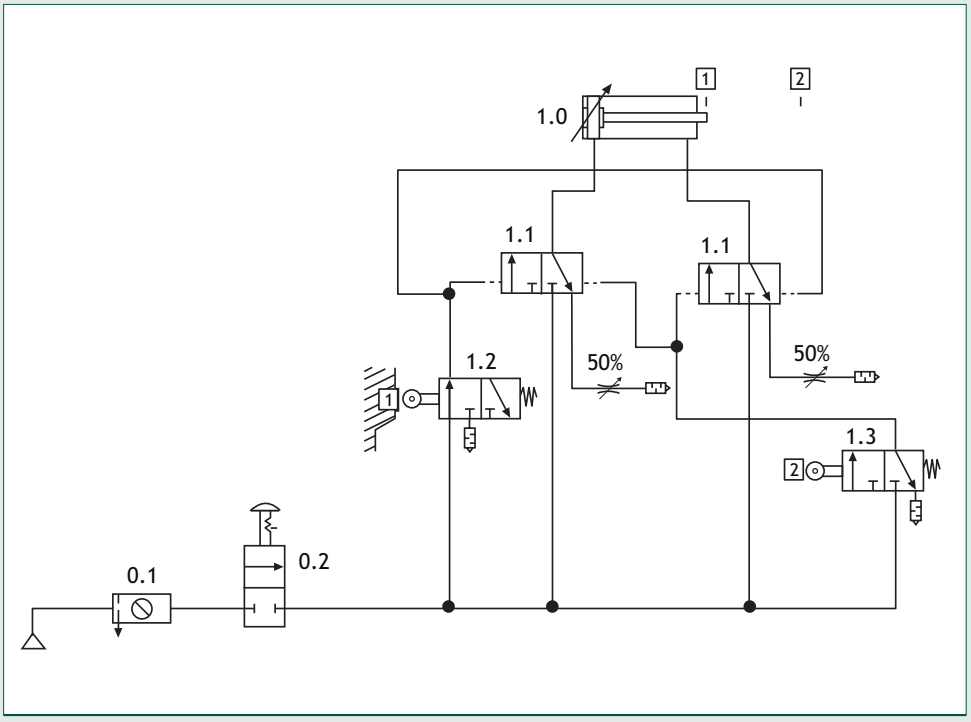
7.30. Simulación con el circuito de origen.



7.31. Simulación con el circuito modificado.

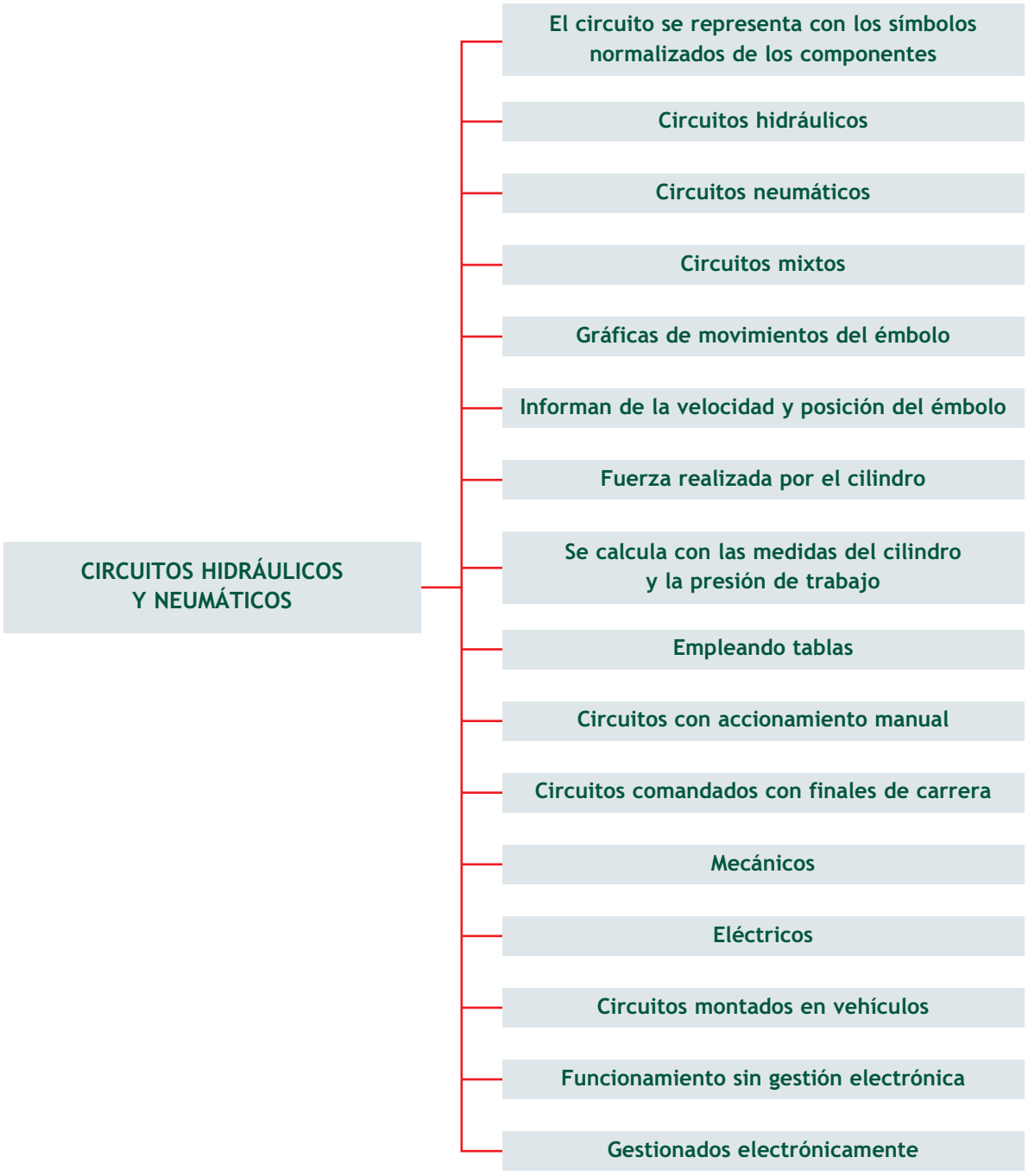
La sustitución consiste en alimentar el cilindro a través de dos válvulas 1.1 comandadas neumáticamente a través de los finales de carrera 1.2 y 1.3.

Cuando una válvula 1.1 esté en la fase de alimentación al cilindro, la otra se encontrará en la fase de descarga. Cuando el cilindro llegue al final de carrera correspondiente 1.2 ó 1.3, la válvula que se encontraba alimentando el cilindro pasa a la situación de descarga y la válvula que se encontraba en descarga pasa a alimentar el cilindro y así ininterrumpidamente hasta que se corte la alimentación desde la válvula 0.2.



7.32. Circuito neumático final.

Ideas clave


CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS
El circuito se representa con los símbolos normalizados de los componentes
Circuitos hidráulicos
Circuitos neumáticos
Circuitos mixtos
Gráficas de movimientos del émbolo
Informan de la velocidad y posición del émbolo
Fuerza realizada por el cilindro
Se calcula con las medidas del cilindro y la presión de trabajo
Empleando tablas
Circuitos con accionamiento manual
Circuitos comandados con finales de carrera
Mecánicos
Eléctricos
Circuitos montados en vehículos
Funcionamiento sin gestión electrónica
Gestionados electrónicamente

WABCO LANZA AL MERCADO SU REVOLUCIONARIO COMPRESOR DE DOS ETAPAS PARA VEHÍCULOS COMERCIALES: MEJORA DE LOS COSTES DE FUNCIONAMIENTO Y PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL SISTEMA NEUMÁTICO

El compresor de dos etapas está diseñado para mejorar el rendimiento del sistema neumático en su conjunto, así como para prolongar la vida útil tanto de camiones como de autobuses y vehículos agrícolas.

«El innovador compresor de dos etapas de WABCO, el primero de su clase para la industria de los vehículos comerciales, supone un significativo ahorro en los costes de funcionamiento para las flotas de camiones y autobuses», afirma Nikhil Varty, vicepresidente de WABCO Compression & Braking. «Mediante la reducción de la degradación del aceite y del arrastre del mismo al sistema neumático del vehículo, el compresor contribuye a conservar los elementos del sistema neumático, como por ejemplo las válvulas y los cartuchos del secador de aire, y a mantenerlos en funcionamiento durante más tiempo. El nuevo compresor es capaz de reducir tanto el riesgo de tiempo de inoperatividad inesperado del vehículo, como los costes de mantenimiento globales del mismo.»

Después de casi tres años de someterse a un proceso de pruebas intensivo, el compresor de dos etapas de WABCO se encuentra ahora disponible para su aplicación al sector de piezas originales en camiones, autobuses y vehículos agrícolas. El socio de desarrollo DAF es el primer fabricante de camiones que ofrece el nuevo compresor de dos etapas de WABCO de serie con el nuevo motor DAF MX.

Combinación de un diseño innovador y una tecnología garantizada por WABCO

«El nuevo compresor de WABCO es el primero en el que se aplica la compresión de dos etapas a los vehículos comerciales», explica el doctor Christian Wiehen, vicepresidente de WABCO Product Development. «Si el proceso de compresión se lleva a cabo en dos etapas, con una fase de refrigeración entre ambas, el compresor mantendrá una temperatura de funcionamiento más baja. Esta reducción de la temperatura reduce el peligro potencial de sobrecalentamiento del aceite en el aire comprimido, lo que reduce de forma considerable la creación de productos derivados como ésteres o acetonas. Estas sustancias, que se crean a elevadas temperaturas, exponen los sistemas neumático y de frenado, así como los mecanismos neumáticos de cambio de engranaje, a un daño potencial. La reducción del riesgo de degradación y del arrastre del aceite mejora de forma significativa la calidad del aire que recibe el sistema neumático, lo que se traduce en una mayor estabilidad y fiabilidad del mismo durante un periodo de tiempo más prolongado. Asimismo, se produce un descenso del consumo global de aceite del vehículo.»

Este compresor presenta, entre otras, las siguientes características: una construcción del cárter del motor monobloque y estable, un cigüeñal de acero y un innovador sistema de reducción de potencia, diseñado por WABCO para reducir el drenaje de potencia durante la fase de descarga. A través de una válvula de escape opcional, integrada en el cabezal del cilindro, se consigue protegerlo frente a la presión excesiva.

Fuente: www.wabco-auto.com

unidad 8

Sistemas de suspensión de vehículos

SUMARIO

- Principios y dinámica de la suspensión
- Tipos de suspensiones y sus elementos
- Suspensiones en vehículos industriales y motocicletas
- Diagnosis y reparación del sistema de suspensión

OBJETIVOS

- Estudiar los principios que intervienen en las suspensiones.
- Conocer los distintos elementos que intervienen en la suspensión.
- Conocer los tipos de suspensiones mecánicas más utilizados y sus características.
- Estudiar las suspensiones mecánicas utilizadas en motocicletas y vehículos industriales.
- Aprender a diagnosticar la suspensión y realizar operaciones de mantenimiento y reparación.

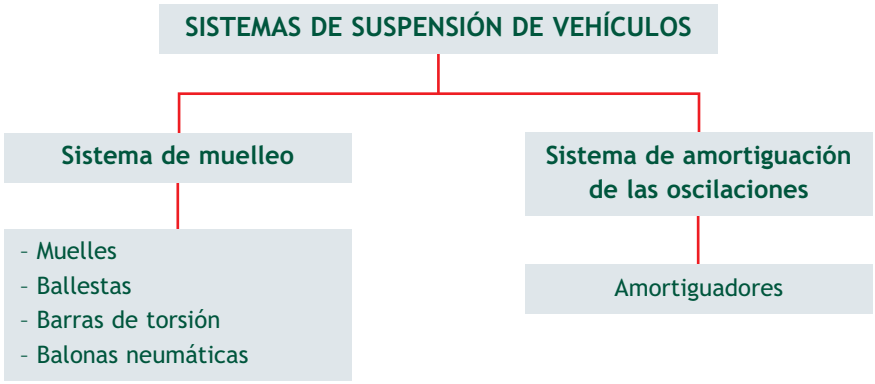
1 >> La suspensión

El hecho de que los vehículos deban funcionar de forma óptima por distintos terrenos exige un sistema de seguridad activa y confort capaz de absorber con flexibilidad las irregularidades de la calzada.

El sistema de suspensión cubre esta exigencia garantizando el contacto de las ruedas con la calzada y absorbiendo los esfuerzos transversales, longitudinales y verticales de la carrocería.

El trabajo en conjunto de la suspensión y de la dirección asegura la adherencia del vehículo a la calzada consiguiendo un buen comportamiento del vehículo durante la conducción.

En la suspensión de un vehículo se distinguen principalmente dos partes:



A estos dos sistemas se le puede incluir el **sistema antibalanceo**, generalizado con la barra estabilizadora, que limita la inclinación o balanceo de la carrocería al trazar una curva.

Existen distintas configuraciones de suspensión para ejes delanteros y para ejes traseros. Por ejemplo, en la actualidad se montan en los automóviles suspensión delantera tipo McPherson y para la suspensión trasera, brazos tirados "multibrazos".

8.1. Conjunto dirección y suspensión. Fuente: Mazda.

8.2. Amortiguadores y muelles de suspensión de un vehículo 4 x 4 de competición.

2 >> Dinámica de la suspensión

Para conocer la suspensión y comprender su funcionamiento es necesario estudiar previamente algunos principios básicos en los que se basa:

– Centro de balanceo y centro de gravedad.
– Transferencia de carga.
– Masas suspendidas y no suspendidas.
– Oscilación.

2.1 > Centro de balanceo y centro de gravedad

> **El centro de balanceo de un eje es un punto imaginario a través del cual actúan las fuerzas laterales que se transmiten a las ruedas al resistir la acción de la fuerza centrífuga. Es el centro virtual de rotación de la suspensión de un eje.**

Vocabulario

Balanceo: rotación en torno al eje longitudinal del vehículo.

La altura del centro de balanceo determina el efecto de la geometría de la suspensión y caracteriza el comportamiento dinámico del vehículo.

La línea imaginaria que une el centro de balanceo delantero con el centro de balanceo trasero se llama **eje de balanceo.**

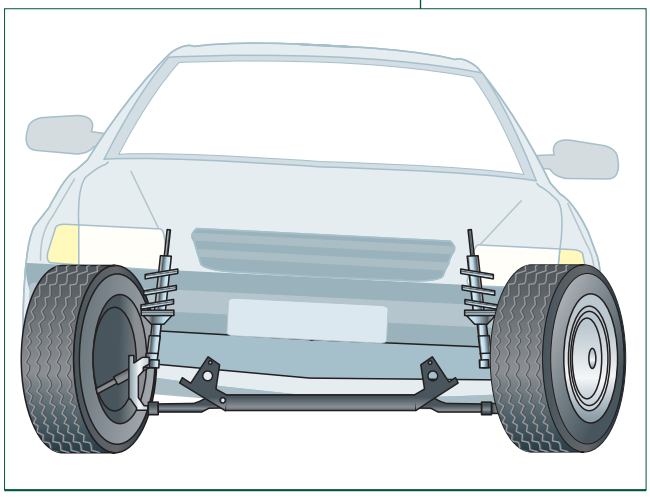
> **El centro de gravedad de un vehículo es el punto imaginario en el que se concentra toda su masa y en el que se aplican tanto la fuerza de gravedad terrestre a la que está sujeto como los esfuerzos dinámicos debidos al movimiento del vehículo.**

La posición del centro de gravedad depende de los distintos ejes geométricos del vehículo y de la carga que soporte.

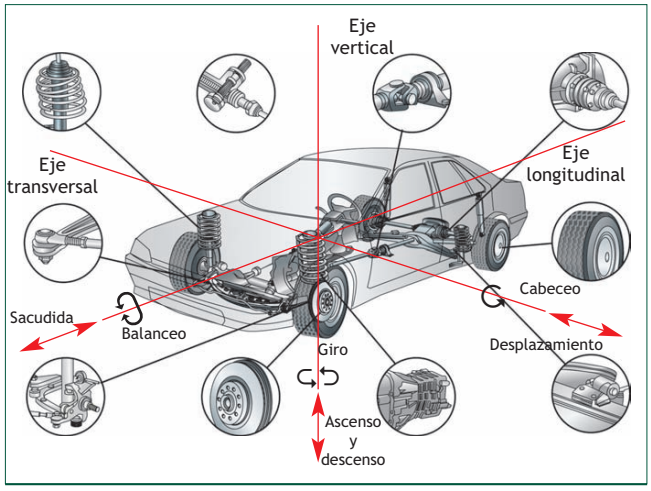
2.2 > Transferencia de carga

En un vehículo se definen tres ejes de giro sobre los que este pivota:

– Eje longitudinal.
– Eje transversal.
– Eje vertical.



8.3. Inclinación de la carrocería al girar.



8.4. Ejes geométricos y movimientos de un vehículo.

Cuando un vehículo realiza un movimiento se generan en él distintas fuerzas que se transmiten por toda la carrocería. Estas fuerzas provocan una transferencia de carga en los distintos ejes.

Transferencia longitudinal

Cuando un vehículo de tracción delantera va a iniciar la marcha y se acelera, la parte delantera de este sube, por lo que la parte trasera no solo debe soportar su carga sino que además se transfiere peso de la parte delantera a la trasera. El mismo fenómeno ocurre al desacelerar o frenar. En este caso, es el eje delantero es el que se sobrecarga.

Transferencia transversal

La fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo cuando gira hace que el peso se transmita desde un lado de la carrocería al otro. Por ejemplo, en un giro a derechas, la parte derecha del vehículo se descarga de peso, el vehículo se balancea y parte de la carga se transmite a su lado izquierdo.

Transferencia vertical

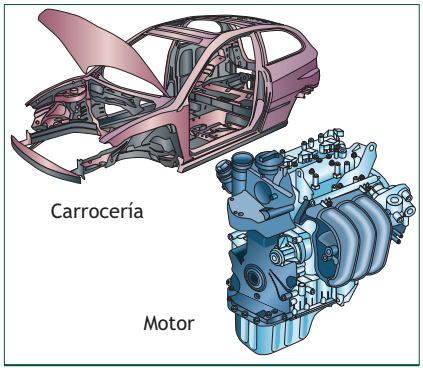
Sobre el eje vertical también existe una transferencia de pesos y de carga cuando el vehículo se somete a distintas cargas o durante su movimiento de ascenso y descenso. Es decir, durante el trabajo de la suspensión el vehículo cambia de altura debido a la compresión y extensión del muelle.

2.3 > Masas suspendidas y no suspendidas

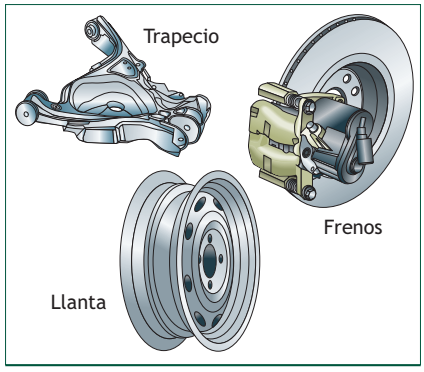
Un vehículo está formado por cientos de elementos con una masa determinada. La unión de ellos constituye los órganos mecánicos.

> **Una masa suspendida es aquella que no está en contacto directo o indirecto con el firme y es soportada por el sistema de suspensión. En cambio, una masa no suspendida está en contacto directo o indirecto con el firme y siempre antes de que intervengan los órganos de suspensión.**

Las masas no suspendidas influyen en el comportamiento y en las oscilaciones que se transmiten a la carrocería. Una menor inercia de estas masas reduce las solicitaciones de golpes a que se someten los componentes y mejoran de forma importante el comportamiento de respuesta de la suspensión y, por tanto, el confort de la conducción.



8.5. Masas suspendidas.



8.6. Masas no suspendidas.

Ejemplos de masas suspendidas y no suspendidas

La carrocería, el chasis, el motor, etc. son masas suspendidas del vehículo y las ruedas, el buje, los trapecios, etc. son masas no suspendidas.

2.4 > Oscilación

Una oscilación es provocada por el movimiento de una masa en ascenso y descenso. Cuando una masa en reposo sujeta a un muelle se somete a un cambio de posición por el efecto de una fuerza, se genera en el muelle una fuerza de recuperación que obliga a la masa a oscilar en sentido inverso.

Durante esta operación la masa oscila volviendo a sobrepasar la posición de reposo determinando una nueva fuerza de recuperación. Este efecto se repite hasta que se neutraliza la oscilación por las distintas resistencias, aire, fricción, etc.

Las oscilaciones se definen por su periodo, amplitud y frecuencia.

Periodo, frecuencia y amplitud de la oscilación

El periodo de una oscilación es el tiempo que tarda en realizarse una oscilación completa.

Un periodo corto indica una oscilación rápida típica de un muelle duro, mientras que un periodo largo es típico de un muelle blando.

Los periodos de oscilación de la suspensión comprendidos entre 0,5 y 1 segundo (1-2 Hz) se corresponden al de balanceo normal del cuerpo humano al caminar, por lo que son tolerados por los pasajeros con una sensación normal de confort.

La frecuencia es el número de oscilaciones por unidad de tiempo y viene determinada por el coeficiente de rigidez del muelle y por la masa muelleada del vehículo. La amplitud de un muelle es la distancia máxima de una masa oscilante con respecto a la posición de reposo en su movimiento de extensión y compresión. Es, por tanto, el recorrido del muelle.

La frecuencia propia de las masas no muelleadas en un vehículo medio se encuentra entre los 10 a 16 Hz. Mientras que con la intervención de la suspensión, la frecuencia propia de la masa muelleada se halla entre 1 Hz y 1,5 Hz.

La frecuencia se puede variar, de tal manera que de una mayor masa o un muelle más blando se obtiene una baja frecuencia de la carrocería y una mayor amplitud del muelle. Mientas que una masa más pequeña o un muelle más duro dan como resultado una mayor frecuencia de la carrocería y un menor recorrido del muelle.

Resonancia

La resonancia es un fenómeno mecánico que se produce cuando una fuerza impulsa a la masa en el ritmo de su oscilación, con lo cual hace aumentar la amplitud de las oscilaciones progresivas.

Es decir, si la frecuencia propia de la masa suspendida coincide con la que producen las ondulaciones del terreno la suspensión entra en resonancia.

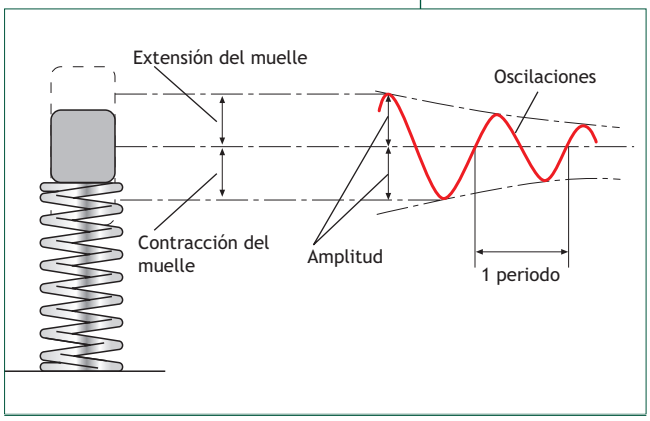
Influencia de las oscilaciones en las personas

Una oscilación propia de la carrocería con frecuencia por debajo de 1 Hz provoca mareos y náuseas mientras que las frecuencias superiores a 1,5-2 Hz afectan el confort. A partir de unos 5-6 Hz se perciben como sacudidas o agitaciones.

Reglajes de la amortiguación

Los reglajes de la amortiguación dependen del tipo de vehículo y conducción. En compresión el valor debe ser el mínimo compatible con la disipación de la energía que requiere frenar el movimiento de la carrocería, mientras que en la extensión, se debe llegar a frenar la masa no suspendida de tal manera que la aceleración vertical alcanzada por la carrocería sea inferior a la de la gravedad.

% Compresión / Extensión
25 - 30 / 75 - 70
30 - 35 / 70 - 65
40 - 45 / 60 - 65
50 - 60 / 50 - 40

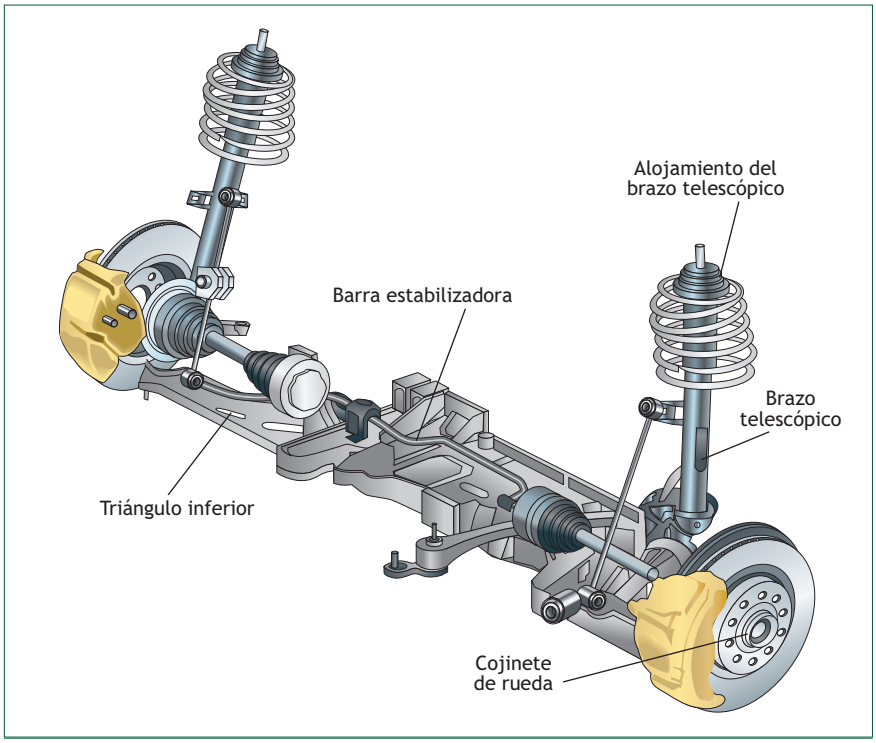


8.7. Oscilación de un muelle.

3 >> Elementos que intervienen en la suspensión

La suspensión está formada por distintos elementos que permiten su correcto funcionamiento y garantizan un perfecto guiado de la dirección. Estos elementos son de gran importancia en el conjunto de la suspensión ya que de ellos depende la geometría de los ejes delantero y trasero y el comportamiento en marcha del vehículo.

Entre otros elementos en la suspensión intervienen *silentblocks* y cojinetes elásticos, rótulas, manguetas, trapecios, tirantes, barras estabilizadoras, etc.



8.8. Conjunto del tren de rodaje, VW Caddy.

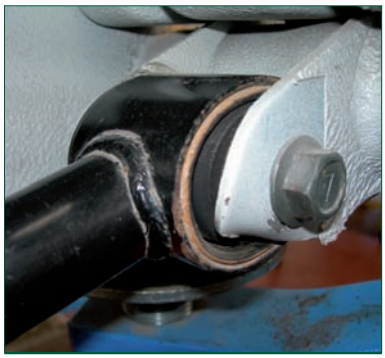
3.1 > *Silentblock* y cojinetes elásticos

El *silentblock* es un elemento de unión elástico fabricado a base de caucho y metal cuya misión es amortiguar los golpes existentes entre dos elementos en los que existe movimiento.

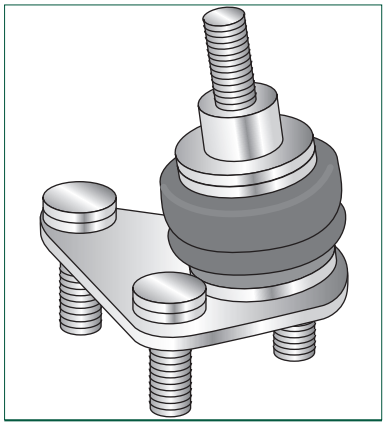
Los *silentblock* suelen montarse a presión o atornillados. Su sustitución debe realizarse cuando el caucho esté deteriorado o exista holgura en la unión. Los *silentblocks,* son utilizados, por ejemplo, entre el trapecio y el chasis o carrocería.

Los cojinetes elásticos son elementos de caucho que permiten la unión de los componentes de la suspensión facilitando un pequeño desplazamiento. Su montaje suele realizarse mediante bridas o casquillos metálicos.

Los cojinetes elásticos son muy utilizados para el montaje de las barras estabilizadoras.



8.9. Tirante de la suspensión unido por *silentblock*.



8.10. Rótula de suspensión.

3.2 › Rótulas

Las rótulas constituyen un elemento de unión y fijación de la suspensión y de la dirección, que permite su pivotamiento y giro manteniendo la geometría.

La unión de las rótulas se realiza mediante tornillos o roscados exteriores o interiores. Su sustitución debe realizarse si existe en estas algún daño como por ejemplo, si está deformada a causa de un golpe, o cuando existen holguras.

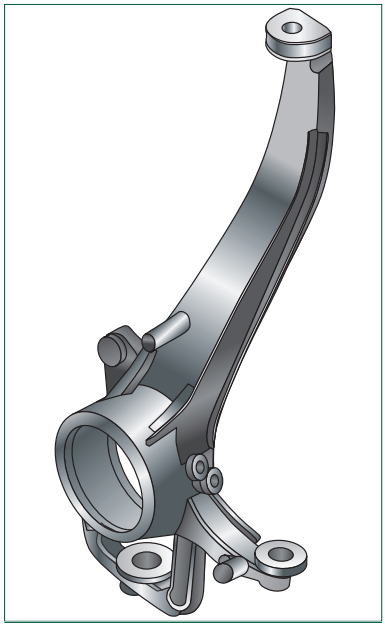
3.3 › Mangueta y buje

La mangueta de la suspensión es una pieza fabricada con acero o aleaciones que une el buje de la rueda y la rueda a los elementos de la suspensión, tirantes, trapecios, amortiguador, etc.

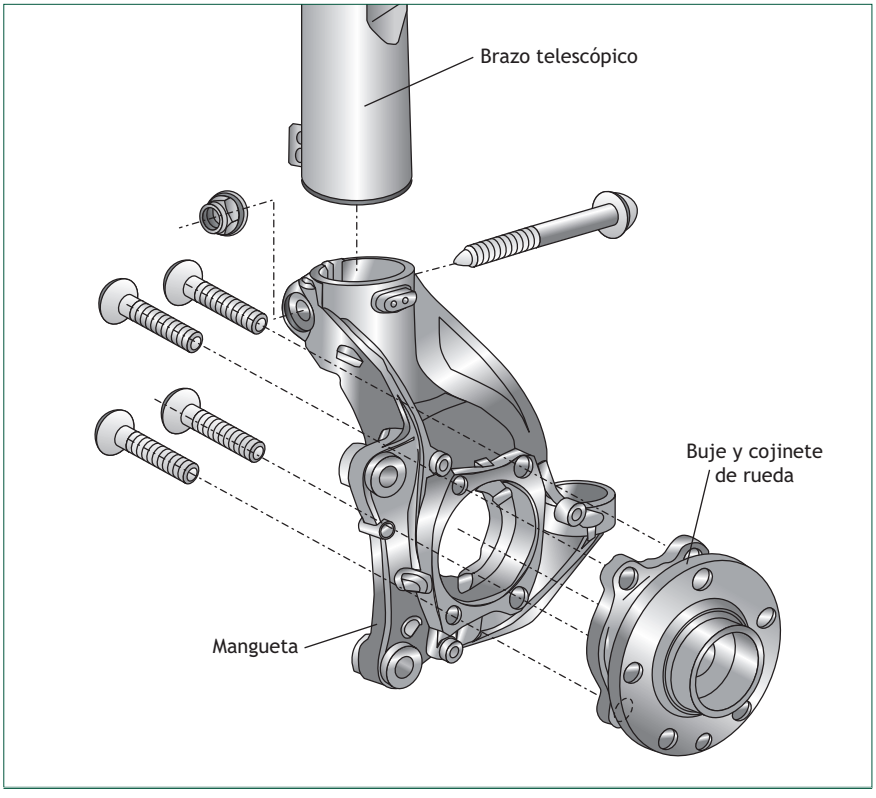
La mangueta se diseña teniendo en cuenta las características geométricas del vehículo.

En el interior del buje se montan los rodamientos o cojinetes que garantizan el giro de la rueda. En su disco integra los espárragos de rueda o, en su caso, lleva mecanizados los orificios de sujeción de la rueda. También lleva mecanizado un resalte que sirve de soporte y de centrado de la rueda.

La mangueta y el buje no suelen tener averías salvo en caso de deformación por un golpe. El mantenimiento se reduce a la sustitución de los rodamientos cuando existan holguras o ruidos.



8.11. Mangueta.



8.12. Despiece del conjunto buje, mangueta y brazo telescópico.

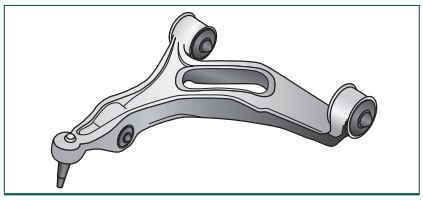
3.4 > Trapecio o brazo de suspensión

Los trapecios son brazos articulados fabricados en fundición o en chapa de acero embutida que soportan al vehículo a través de la suspensión.

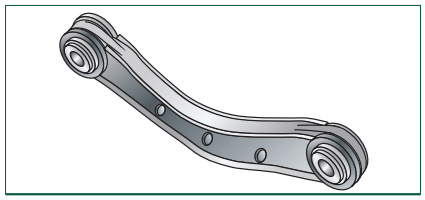
Unen el buje mediante elementos elásticos *(silentblocks)* y elementos de guiado (rótulas) al vehículo soportando los esfuerzos generados por este en su funcionamiento.

3.5 > Tirantes de suspensión

Los tirantes de suspensión son brazos de acero longitudinales o transversales situados entre la carrocería y la mangueta o trapecio que sirven como sujeción de estos y facilitan su guiado. Absorben los desplazamientos y esfuerzos de los elementos de la suspensión a través de los *silentblocks* o cojinetes elásticos montados en sus extremos.



8.13. Trapecio de suspensión.



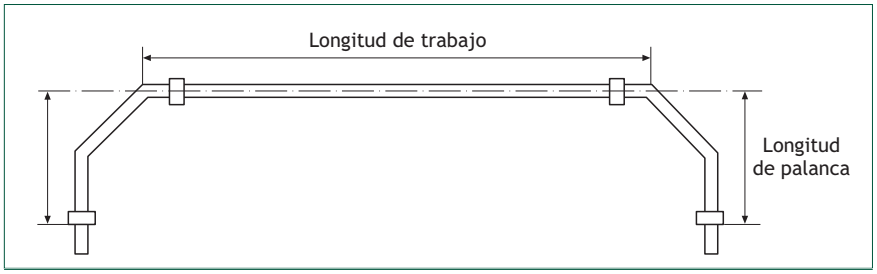
8.14. Tirante de suspensión.

3.6 > Barra estabilizadora

La barra estabilizadora o antibalanceo es una barra de acero en forma de U unida a la carrocería y a los brazos de suspensión de las ruedas de un mismo eje, derecha e izquierda. Su principal misión es reducir la inclinación de la carrocería en las curvas beneficiando la estabilidad del vehículo.

La resistencia de la barra en su oposición al balanceo depende de su diámetro, de su longitud y del brazo de palanca formado por su sujeción y el anclaje a la suspensión. El montaje de las barras estabilizadoras se realiza de forma elástica a través de rótulas, *silentblocks* o cojinetes elásticos unidos directamente sobre la barra o mediante tirantes.

El mantenimiento de la barra estabilizadora consiste en la verificación periódica de los *silentblocks* y en su sustitución en caso de estar agrietados, desgastados o rotos.



8.17. Esquema básico de una barra estabilizadora.

8.15. Sujeción de la barra estabilizadora mediante tacos elásticos.

8.16. Sujeción de la barra estabilizadora mediante tirantes elásticos.

Barra Panhard

La barra Panhard es una barra transversal al vehículo unida mediante *silentblocks* por un extremo al bastidor o chasis y, por el otro, al eje.
Su misión es disminuir el desplazamiento transversal del eje y permitir al bastidor desplazarse verticalmente.

8.18. Barra Panhard.

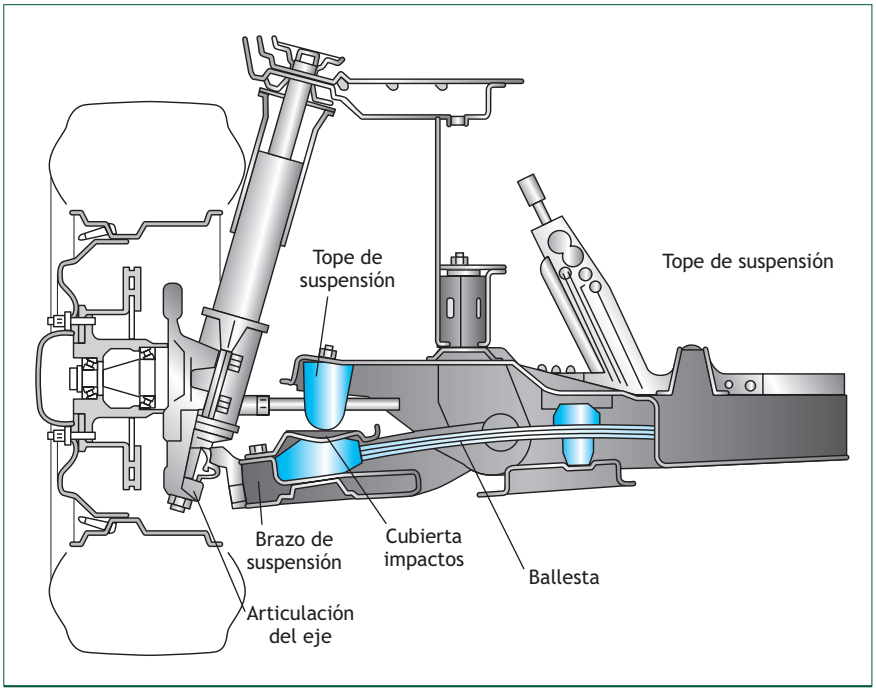
Práctica 5

8.19. Tope de suspensión para McPherson.

3.7 > Topes de suspensión

Los topes de suspensión pueden ser elásticos o semirígidos en forma de taco o en forma de casquillo. Su función es servir de tope para el conjunto de suspensión, de manera que en una compresión excesiva esta no se deteriore.

El montaje de este elemento es muy diverso dependiendo de la forma del taco. Por ejemplo, en las suspensiones McPherson se monta en el interior del vástago del amortiguador, mientras que en las suspensiones por ballesta se suele montar anclado en la carrocería.



8.20. Montaje de los topes de suspensión en el VW LT.

3.8 > Elementos elásticos

Los elementos elásticos son elementos interpuestos entre la carrocería o chasis y las ruedas, necesarios para garantizar la seguridad y el confort de marcha. Por su naturaleza son deformables para poder absorber las oscilaciones generadas por la marcha del vehículo.

Los elementos elásticos pueden ser:

– Muelles de goma.
– Barras de torsión.
– Ballestas.
– Muelles helicoidales.

Muelles de goma

Los muelles de goma son elementos elásticos utilizados en suspensiones de vehículos antiguos y en remolques. Están sometidos a esfuerzos de compresión y de tracción.

Los muelles de goma pueden transmitir fuerzas longitudinales y transversales con un recorrido de muelle corto. Sus propiedades de elasticidad y amortiguación dependen de los cambios de temperatura. Poseen una curva de flexibilidad progresiva con un peso reducido y tienen un bajo coste de producción.

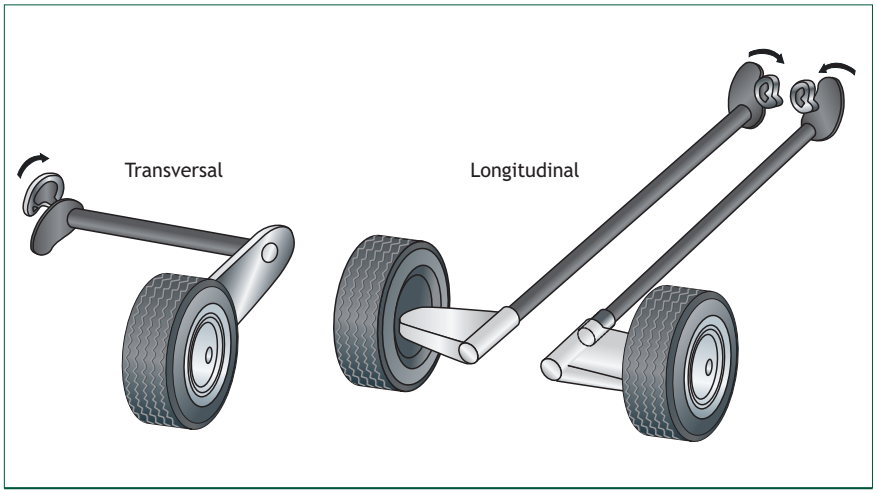
Barra de torsión

La barra de torsión es una barra de acero cilíndrica unida por un lado a un punto fijo de la carrocería y por el otro al trapecio de la rueda. Su funcionamiento se basa en el hecho de que si se aplica una fuerza de torsión a una barra de acero elástico sujeta por uno de sus extremos, la barra tenderá a retorcerse y volverá a su forma original por la elasticidad una vez que cese el esfuerzo de torsión.

La barra de torsión lleva mecanizado en los extremos unos estriados que permiten el anclaje con el trapecio o brazo de suspensión y con el soporte de la carrocería.

El montaje de las barras de torsión se puede realizar de manera horizontal con respecto al vehículo y de manera longitudinal.

Los vehículos que montan barras de torsión permiten regular su altura mediante el posicionado o el tensado de la barra.



8.23. Montajes de las barras de torsión.

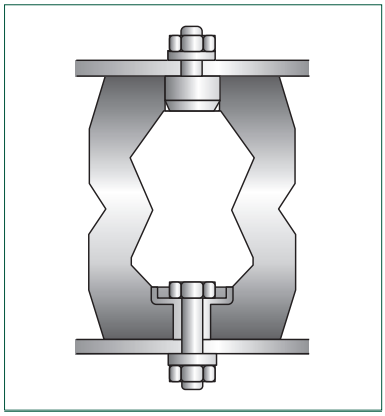
Ballestas

Las ballestas son elementos elásticos constituidos por una o varias hojas de acero (al manganeso o al silicio) unidas por medio de un perno central llamado capuchino y una abrazadera que permite el deslizamiento entre estas cuando se deforman por el peso al que se someten.

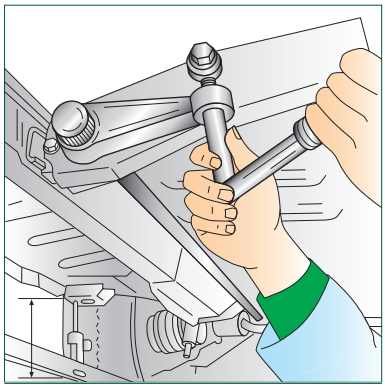
Por su comportamiento y rigidez son utilizadas en vehículos destinados al transporte de mercancías, furgonetas y camiones, y en vehículos todo terreno.

Ejes espaciales de un vehículo

Al conducir por superficies irregulares se originan fuerzas de choque. Estas fuerzas de choque se transmiten a la carrocería a través de los neumáticos y los elementos de la suspensión originando oscilaciones en los tres ejes espaciales: vertical, transversal y longitudinal.



8.21. Muelle de goma.



8.22. Regulación de altura por medio del tensado de la barra de torsión.

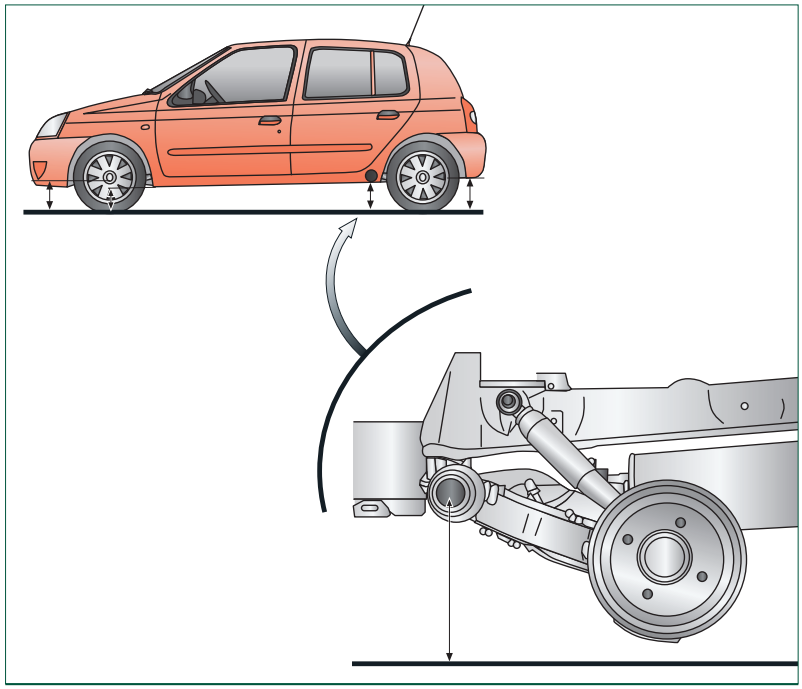
Técnica

Reglaje de alturas en vehículos con barras de torsión

•• Existen en el mercado vehículos que, por su configuración y tipo de suspensión, permiten el reglaje de alturas del mismo. Por ejemplo, el Renault Clío monta en la parte trasera suspensión por barras de torsión. Estas barras regulan la altura de la carrocería en función de su calado.

El reglaje en vehículos con suspensión por barras de torsión se realiza mediante la precarga y tensión de la barra de torsión. La regulación se realizará según indique el fabricante del vehículo en su manual de reparaciones. En este se indican los útiles específicos, las alturas adecuadas a cada modelo y el tipo de suspensión y los puntos de medición.

Cuando se realice el reglaje no debe haber una diferencia de alturas superior a 10 mm entre cada eje.



8.24. Puntos de medición.

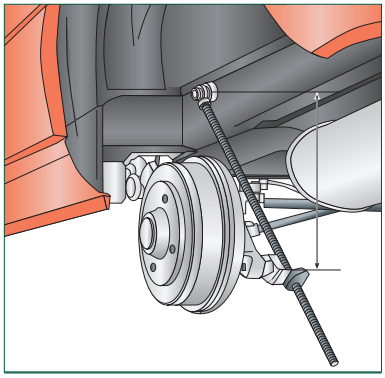
Ejemplo de reglaje de la altura trasera en el Renault Clío

H4 - H5 = 6 ± 7,5 mm

Determinar la cota X existente en el vehículo. Extraer la barra. Como el valor mínimo para una muesca es 3 mm, no se podrá aumentar la altura del vehículo más que en valores múltiplos de 3.

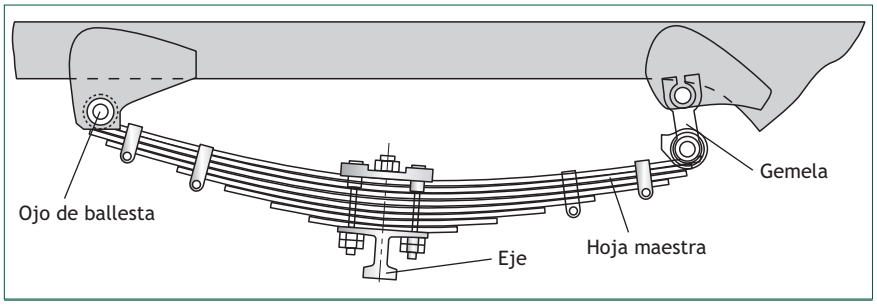
Bajar el brazo para decalar en la barra el número de dientes correspondientes a la altura que se quiera ganar, por ejemplo 12 milímetros = 4 dientes.

Volver a colocar la barra de forma que se introduzca en las acanaladuras del brazo y del soporte.



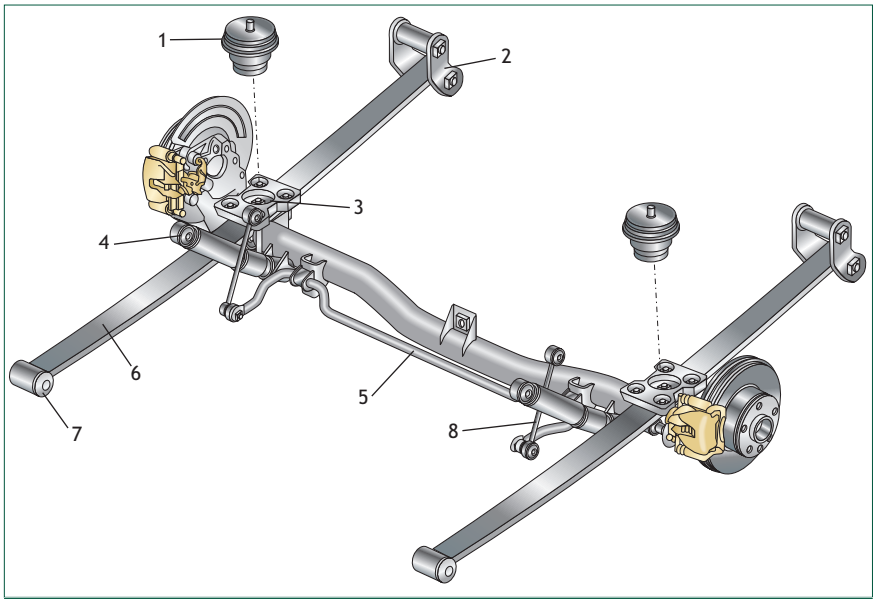
8.25. Ajuste de la altura.

8.26. Útil para la regulación.



8.27. Ballesta.

La hoja mayor se denomina hoja maestra y en sus extremos hay mecanizados dos soportes curvados en forma de ojos por los que se une al chasis. En los ojos de la ballesta se montan casquillos o *silentblocks* que, junto con los bulones y a través de la gemela, articulan la ballesta con los soportes del bastidor. El resto de las hojas van unidas con abrazaderas y van disminuyendo su longitud a medida que se distancian de la hoja maestra.



8.29. Montaje de las ballestas en el eje trasero de una furgoneta.

Muelle helicoidal

El muelle helicoidal es un hilo de acero elástico enrrollado en forma de hélice con un grosor adecuado a la rigidez requerida. Este grosor suele variar entre 10 y 18 mm.

En su trabajo, el muelle realiza un esfuerzo de torsión. Para calcular su rigidez será necesario saber sus características:

– Altura (H).
– Diámetro del hilo (d) y diámetro medio del muelle (D).
– Número de espiras y su paso.
– Ángulo de inclinación de las espiras (ß).
– Tipo de material.

Vocabulario

Gemela o grillete: bieleta que permite el alargamiento de la ballesta cuando esta flexiona por la carga.

Diseño de las ballestas

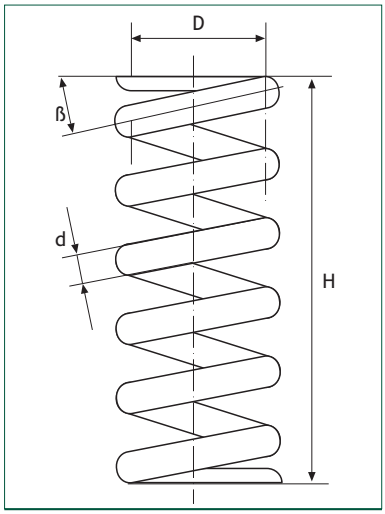
El número de hojas de la ballesta y el espesor de las mismas están en función de la carga que han de soportar.

8.28. Suspensión trasera por ballesta del Hummer.

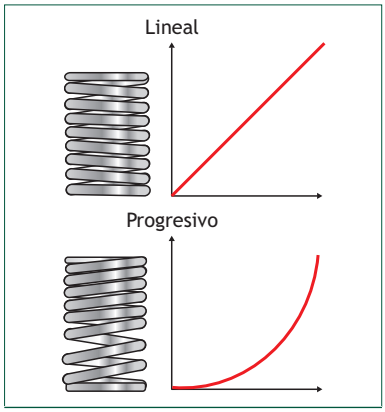
1 Tope de suspensión
2 Gemela
3 Capuchino
4 Amortiguador
5 Barra estabilizadora
6 Hoja maestra
7 Ojo de ballesta con silentblock
8 Bieleta

Vocabulario

Flecha de ballesta: deformación de la ballesta cuando soporta una carga de 100 kg.



8.30. Muelle helicoidal.



8.32. Curva característica de un muelle helicoidal de resistencia lineal y un muelle progresivo.

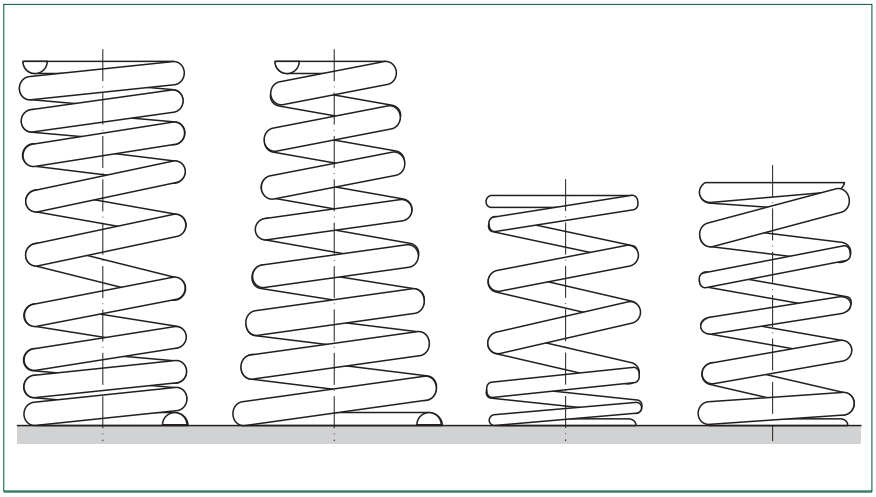
8.33. Kit de amortiguadores telescópicos.

La dureza de un muelle helicoidal puede aumentar por:

– Un mayor diámetro del alambre.
– Un menor diámetro del muelle.
– Una cantidad menor de las espiras.

El muelle helicoidal de **resistencia lineal** tiene la misma distancia entre las espiras. Este tipo de muelle proporciona una relación de resistencia constante al comprimirse, mientras que el muelle helicoidal de **resistencia progresiva** tiene distintas distancias entre las espiras. Este tipo de muelle proporciona una relación de resistencia que aumenta al comprimirse.

En la actualidad, se suelen montar muelles helicoidales progresivos. Estos se reconocen por tener un paso desigual de sus espiras, una geometría cónica de las mismas y un diámetro cónico del alambre.



8.31. Muelles helicoidales progresivos.

Los muelles helicoidales progresivos ofrecen las siguientes ventajas:

– Un mejor tarado del sistema de suspensión desde carga útil normal hasta carga útil máxima.
– La frecuencia propia de la carrocería se mantiene casi constante al circular con carga.
– El sistema de suspensión no llega tan pronto a tope por las oscilaciones provocadas por el terreno.
– Una mejor utilización del recorrido de muelle disponible.

3.9 > El amortiguador

Una oscilación en las ruedas durante la conducción produce un movimiento vertical en la carrocería y la separación de las ruedas de la calzada. Esta situación provoca un aumento del desgaste de los neumáticos, incomodidad para los ocupantes y una conducción insegura.

> **El amortiguador se encarga de transformar la energía cinética provocada por las oscilaciones de la rueda en calor. La transformación se realiza a través de la resistencia al flujo de los líquidos, que actúa como un freno a las oscilaciones.**

El amortiguador debe cumplir las siguientes funciones:

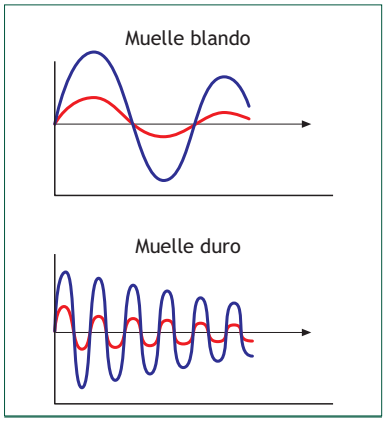
– Garantizar un buen contacto de las ruedas con la calzada.
– Asegurar la estabilidad de marcha, en especial en las curvas.
– Disminuir las oscilaciones.
– Evitar o disminuir el balanceo de la carrocería del vehículo.
– Disminuir el desgaste de los neumáticos y de los componentes del chasis.

Cuando el vehículo pasa por un bache, los neumáticos y los muelles se comprimen y amortiguan el movimiento. El vehículo sube ligeramente pero no tanto como la deflexión del muelle. Cuando se termina de pasar sobre el bache, los muelles vuelven a su estado normal y garantizan que se mantenga un buen contacto de las ruedas con la calzada.

Los amortiguadores pueden ser:

– De fricción.
– De palanca.
– Amortiguador giratorio.
– Telescópico: monotubo o bitubo.

8.34. Trabajo de la suspensión en un vehículo 4 x 4 al sortear un obstáculo. Fuente: Porsche.



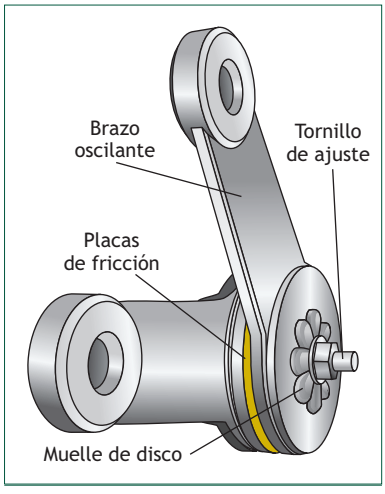
8.35. Oscilación amortiguada con un muelle blando y con un muelle duro.

Amortiguador de fricción

El amortiguador de fricción realiza la amortiguación de las oscilaciones mediante la fricción entre discos presionados contra muelles regulables. Los discos están conectados a las masas suspendidas y no suspendidas mediante brazos oscilantes.

Estos amortiguadores se utilizan principalmente en motocicletas.

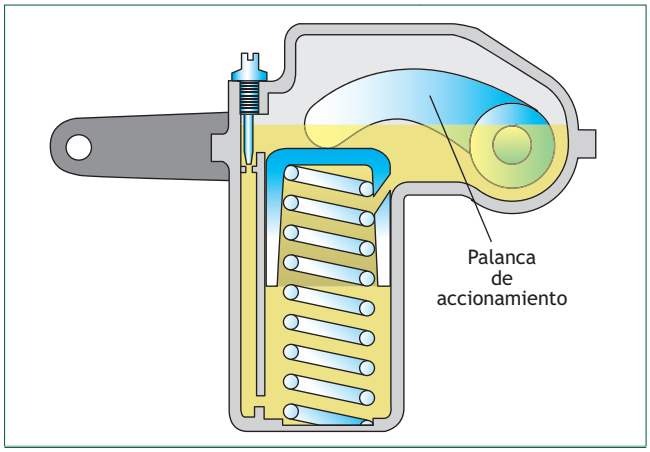
El principal defecto de estos amortiguadores es que con el paso del tiempo y por el funcionamiento acumulan suciedad y humedad entre los discos de fricción, lo que origina ruidos en la compresión y extensión.



8.36. Amortiguador de fricción.

Amortiguador de palanca

El amortiguador de palanca está formado por un cilindro en cuyo interior se aloja un émbolo que es accionado por una palanca a través de un eje.



8.37. Amortiguador de palanca.

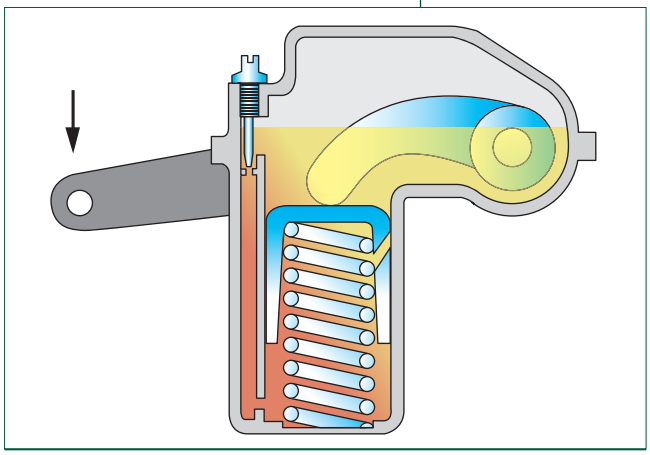
Durante la compresión, la palanca ejerce presión sobre el émbolo comprimiendo el aceite de la cámara de trabajo.

El aceite sale por la válvula amortiguadora hasta el depósito estrangulado según la regulación de la válvula.

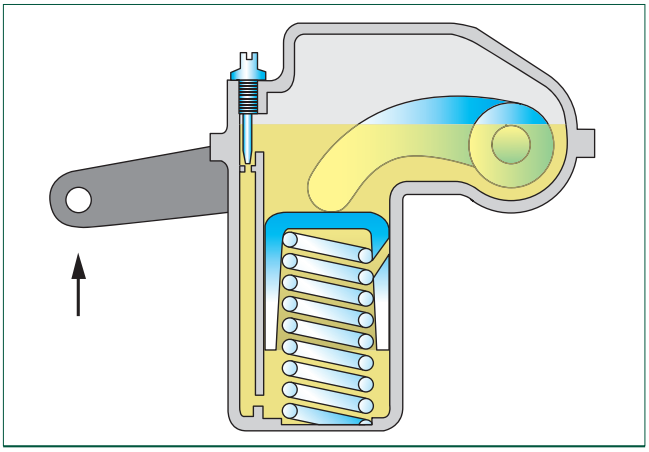
La extensión se frena gracias a la resistencia de flujo en la válvula de amortiguación.

Cuando se comprime la suspensión por una irregularidad en la calzada, el muelle del émbolo vuelve a la posición original y obliga al émbolo a subir.

El aceite fluye sin restricciones por la cámara de trabajo a través de una válvula en el émbolo.



8.38. Compresión del amortiguador de palanca.

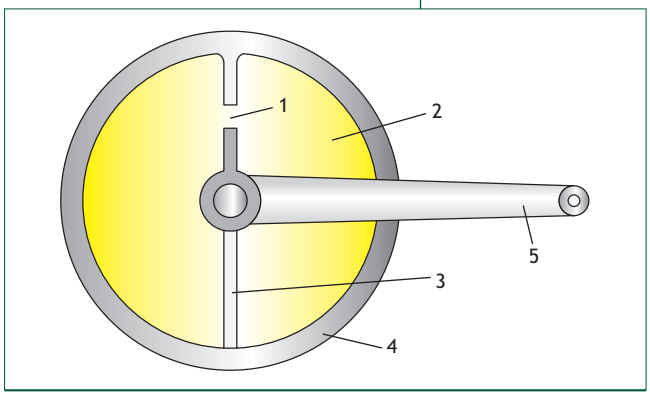


8.39. Extensión del amortiguador de palanca.

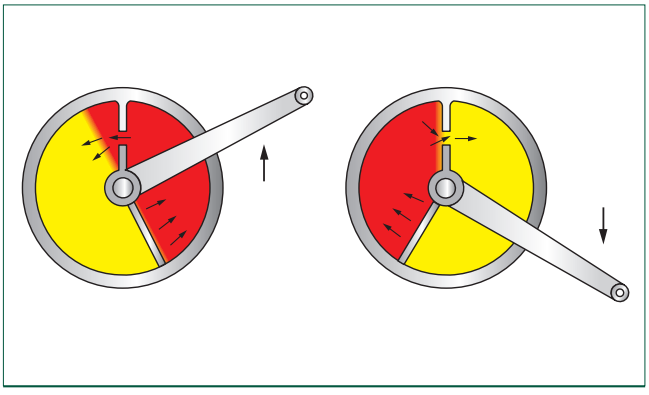
1. Orificio calibrado
2. Líquido hidráulico
3. Paleta
4. Carcasa del amortiguador
5. Brazo de suspensión

Amortiguador giratorio

El amortiguador giratorio está formado por un brazo de suspensión que sube en forma de arco y hace girar una paleta situada dentro de la carcasa del amortiguador. En su interior hay un líquido hidráulico obligado a fluir por un orificio calibrado.



8.40. Amortiguador giratorio.



8.41. Funcionamiento del amortiguador giratorio.

En esta acción el líquido se calienta y el flujo queda restringido a pasar por el orificio a la otra cámara. De este modo se consigue una resistencia al movimiento de suspensión de las ruedas.

Amortiguador telescópico

En los amortiguadores telescópicos un pistón se desliza por el interior de un cilindro lleno de aceite. Los orificios calibrados del pistón permiten que el aceite pase entre las dos cámaras del cilindro (superior e inferior) amortiguando así la oscilación del muelle.

El amortiguador trabaja en dos ciclos, compresión y extensión. En la extensión, el amortiguador controla los movimientos del peso suspendido de la carrocería. Mientras que en la compresión se controlan los movimientos del eje y las ruedas.

Los amortiguadores telescópicos tienen los siguientes elementos:

- **Cuerpo del amortiguador.** Son dos tubos concéntricos comunicados por la parte inferior a través de la válvula de pie.
- **Pistón.** Es el elemento que se desliza a través del cilindro. Este elemento lleva instalado un retén de teflón o nailon que impide la comunicación entre las cámaras superior e inferior.
- **Vástago.** Está unido al pistón. Soporta los esfuerzos mecánicos de la suspensión. Está fabricado en acero templado con un baño de cromo para asegurar la estanqueidad y duración del retén.
- **Conjunto de válvulas.** El pistón y la válvula de pie incorporan distintas válvulas que permiten el paso de aceite a presión entre las cámaras.
- **Retenes.** Impiden la salida del aceite del interior del amortiguador y protegen de la suciedad a este.
- **Aceite.** Es el elemento principal del amortiguador. De sus características dependen factores como dureza del amortiguador, rendimiento, etc. En los amortiguadores se utilizan aceites minerales con aditivos o sintéticos.

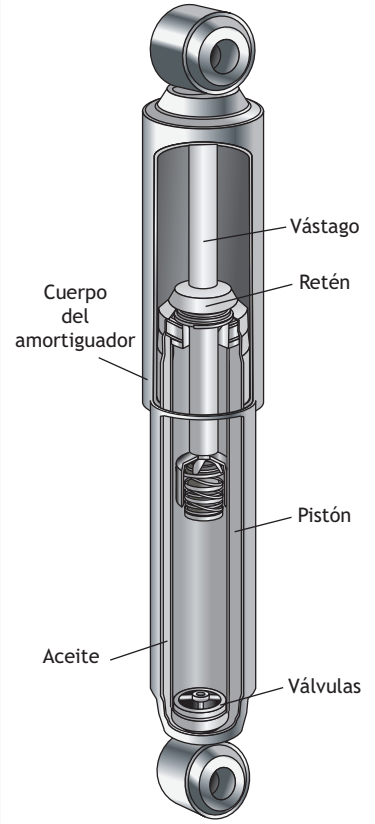
Los amortiguadores telescópicos pueden ser monotubo o bitubo.

Amortiguador monotubo de gas

En el amortiguador monotubo de gas presurizado, la cámara de trabajo y la cámara de las reservas de aceite se encuentran en un solo tubo cilíndrico. Las diferencias del volumen del aceite, causadas por la varilla del émbolo y por las variaciones de la temperatura del aceite, se compensan por medio de una cámara de gas, en la parte inferior del amortiguador, separada por medio de un émbolo separador del cilindro de trabajo. La presión en la cámara de gas es de aproximadamente 25 ó 30 bar.

Las válvulas amortiguadoras para las etapas de compresión y tracción están integradas en el émbolo.

El funcionamiento de este amortiguador en la etapa de compresión consiste en que expulsa el aceite de la cámara inferior a través de la válvula de compresión del émbolo, oponiendo al aceite una resistencia. El gas se comprime durante esa operación en la magnitud correspondiente al volumen de la varilla del émbolo que entra. En la etapa de extensión, el aceite de la cámara superior es impulsado a través de la válvula de tracción

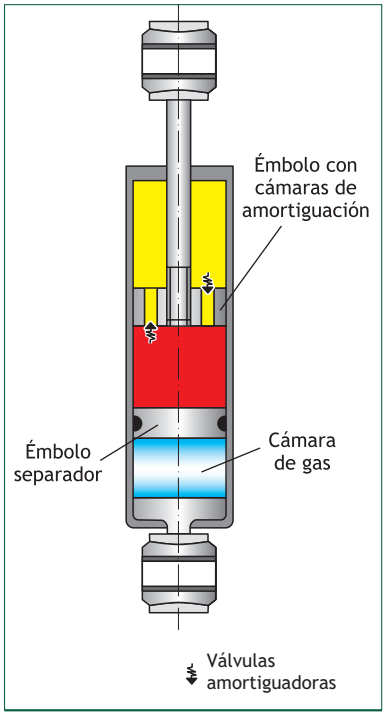


8.42. Amortiguador telescópico hidráulico.

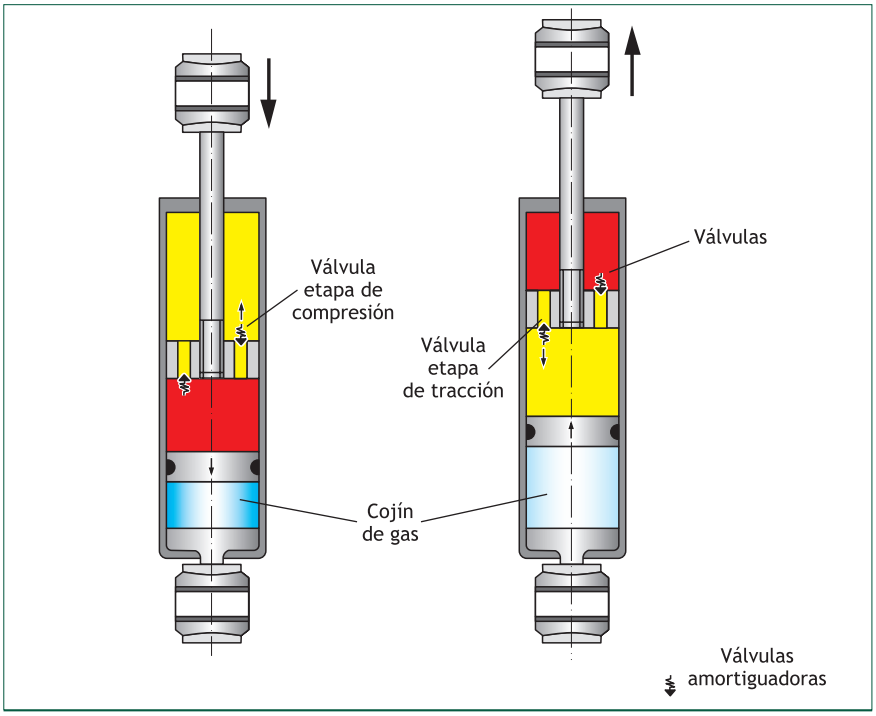
Fluido del amortiguador

El aceite del amortiguador debe permitir un trabajo constante entre -60 °C y 120 °C.

del émbolo. Esta opone una resistencia definida al aceite. El cojín de gas se relaja en función del volumen de la varilla del émbolo que sale de la cámara.



8.43. Amortiguador monotubo de gas.



8.44. Funcionamiento del amortiguador monotubo de gas.

Amortiguador bitubo de gas

El amortiguador bitubo de gas está compuesto por dos tubos. El cilindro de trabajo y la carcasa configuran dos cámaras. La cámara de trabajo, en la que se mueven el émbolo y la varilla del émbolo, va cargada con aceite hidráulico. La cámara anular de las reservas de aceite entre el cilindro de trabajo y la carcasa se utiliza para compensar las variaciones de volumen causadas por la varilla de émbolo y por las variaciones que experimenta la temperatura del aceite hidráulico.

La cámara para las reservas de aceite va cargada parcialmente con aceite y se encuentra sometida a una presión de entre 6 y 8 bar, reduciendo así las posibilidades de cavitación.

El efecto de amortiguación se consigue con dos unidades de válvulas amortiguadoras: la válvula del émbolo y la válvula de la base. Constan de un sistema de arandelas elásticas, muelles helicoidales y cuerpos de válvula con taladros estranguladores.

En la etapa de compresión, la magnitud de la amortiguación viene determinada por la válvula de la base y, hasta cierto punto, también por la resistencia que opone el émbolo al flujo.

El aceite despejado por la varilla de émbolo fluye hacia la cámara de las reservas. La válvula de la base opone una resistencia definida a este flujo, ejerciendo así un efecto de frenado al movimiento.

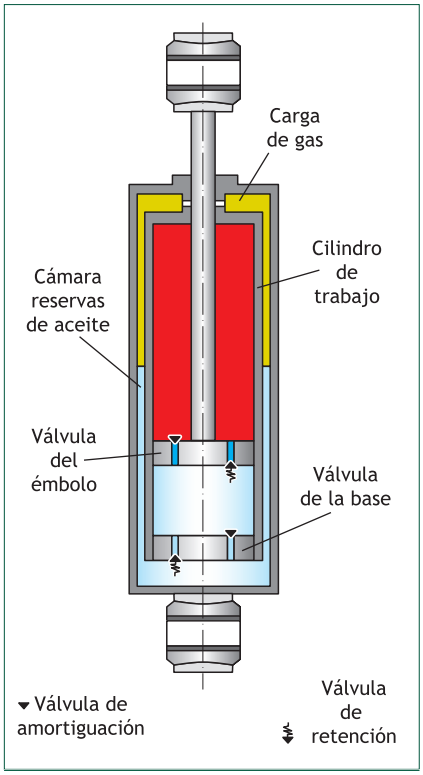
Compensación de volúmenes

La cámara de gas sirve fundamentalmente para compensar los cambios de volumen en la cámara provocados por el movimiento entre el émbolo y el tubo.

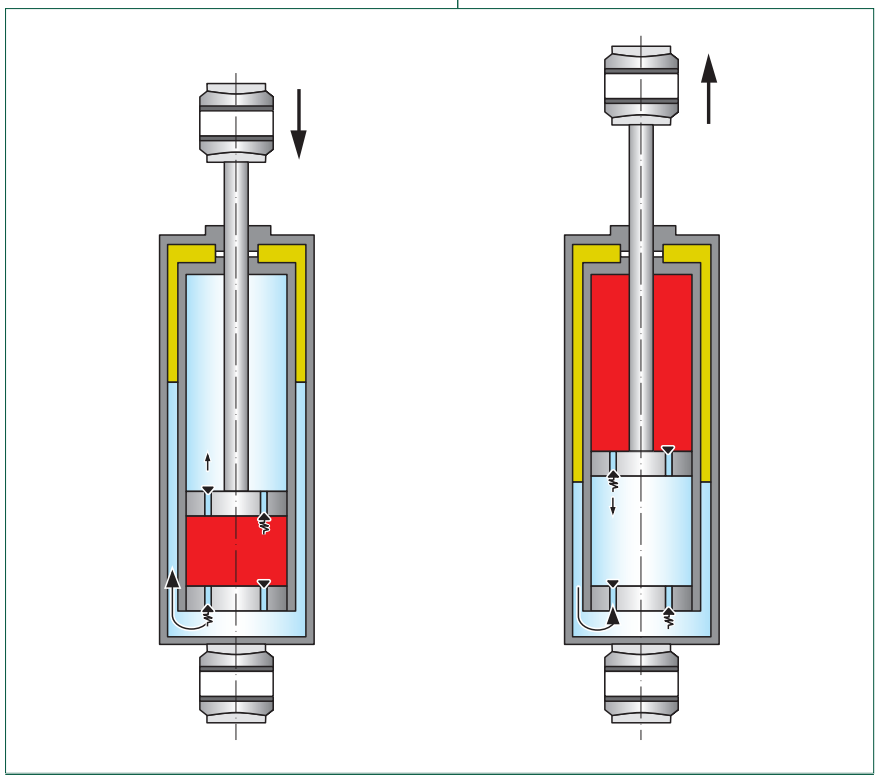
En la etapa de extensión, la válvula del émbolo se encarga de la amortiguación y opone una resistencia definida al paso del aceite que fluye hacia abajo.

A través de la válvula de retención, en la válvula de la base puede refluir sin impedimentos el aceite necesario hacia la cámara de trabajo.

Este amortiguador no se puede montar en cualquier posición. El vástago del émbolo debe estar en la parte superior y el amortiguador debe presentar una inclinación máxima de 45°. De esta manera se garantiza que el aceite cubre las válvulas inferiores del tubo interior.



8.45. Amortiguador bitubo de gas.



8.46. Funcionamiento del amortiguador bitubo de gas.

Amortiguador variable

El amortiguador variable es una versión especial del amortiguador de gas bitubo. La principal característica es que su amortiguación varía con la carga del vehículo.

En la mitad superior de la cámara de trabajo se han dispuesto ranuras de derivación a través de las cuales el aceite del amortiguador fluye a lo largo del émbolo. Si la carga del vehículo es reducida, el émbolo del amortiguador se mueve en esta zona proporcionando un efecto de amortiguación suave.

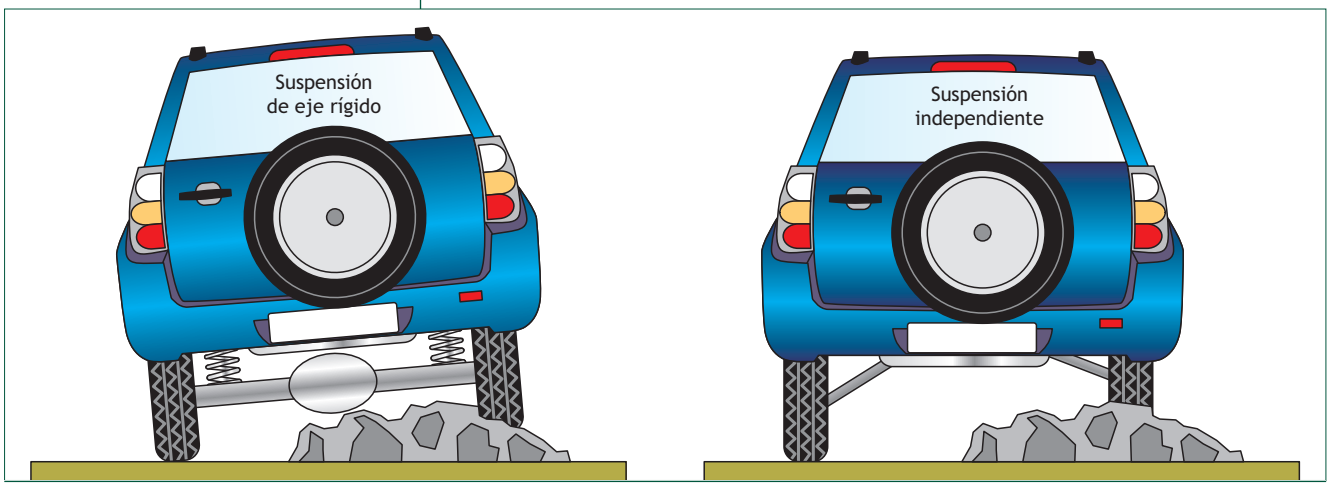
Cuando la carga del vehículo es considerable el émbolo se mueve por la zona inferior del tubo del amortiguador, en la que no hay ranuras de derivación. Todo el aceite debe pasar por las válvulas del amortiguador para que la amortiguación resulte más firme.

4 >> Tipos de suspensiones mecánicas

El concepto de diseño de la suspensión de un vehículo viene determinado por diferentes factores como la carga del eje, el espacio, el recorrido, etc. Aspectos tan importantes como el confort y la estabilidad o la facilidad de sustitución son criterios para que los constructores se declinen por un tipo u otro.

Las suspensiones mecánicas pueden ser:

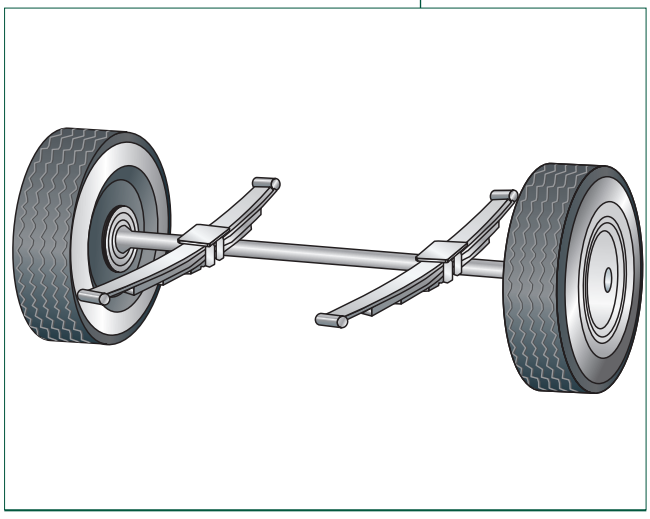
– Suspensión de eje rígido.
– Suspensión independiente.



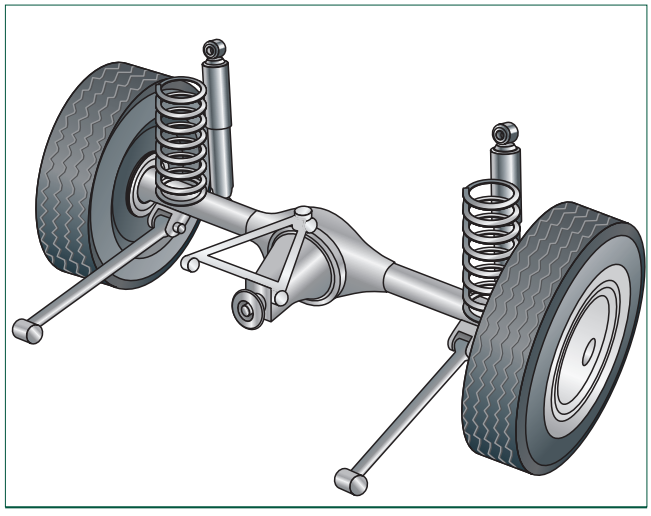
8.47. Tipos de suspensiones.

4.1 > Suspensión de eje rígido

La suspensión de eje rígido está formada por una viga de metal, unida a la carrocería a través del sistema de suspensión y de amortiguación, y que se extiende a lo ancho del vehículo.



8.48. Suspensión rígida con ballestas.



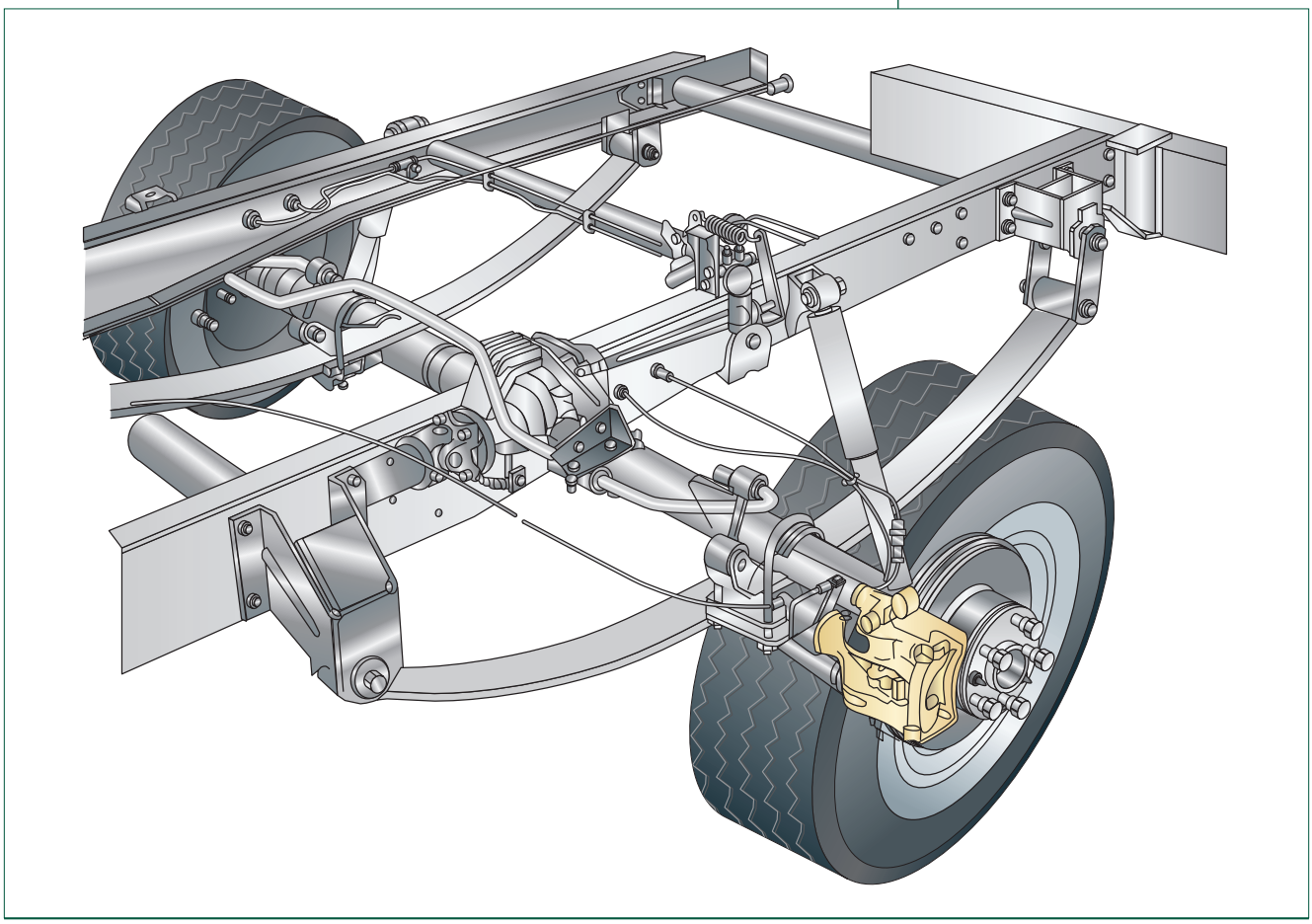
8.49. Eje y suspensión rígida con muelles.

En este montaje, las ruedas van montadas sobre el mismo eje, con lo que el movimiento oscilatorio de una rueda, al pasar por un obstáculo, se transmite a la otra.

Los movimientos verticales del eje hacen que los resortes (ballestas, muelles helicoidales, balonas neumáticas) absorban el impacto. La acción del resorte al volver a su estado original ayuda a mantener las ruedas en la calzada.

Un inconveniente de esta suspensión es la interacción de las ruedas cuando la suspensión está comprimida en un lado. Esto proporciona al eje la tendencia a desplazarse lateralmente al conducir sobre pequeños baches transversales, reduciendo la adherencia de los neumáticos.

La suspensión por eje rígido, ya no utilizada en automóviles, es muy empleada en camiones tanto en el eje delantero como en el trasero por su sencillez, facilidad de montaje y robustez.



8.50. Suspensión trasera en el eje propulsor por eje rígido y ballestas.

En la figura 8.50 el eje rígido va unido a través del abarcón a las ballestas, elemento elástico, que van fijadas a su vez al chasis de manera fija por la parte delantera y a través de una gemela por la parte trasera.

Un amortiguador telescópico situado entre el eje y el chasis disminuye las oscilaciones del conjunto.

Alfa Romeo

Fue uno de los fabricantes que montó este sistema en su modelo 75. En la actualidad lo montan vehículos como el Honda HR-V y el Smart City Coupé.

Paralelogramo de Watt

Consiste en un mecanismo formado por barras y articulaciones que permite evitar las desviaciones transversales del eje.

Suspensión con puente o eje de Dion

Este tipo de suspensión por eje rígido es utilizado en ejes traseros en los que el eje de unión de las ruedas no soporta el diferencial.

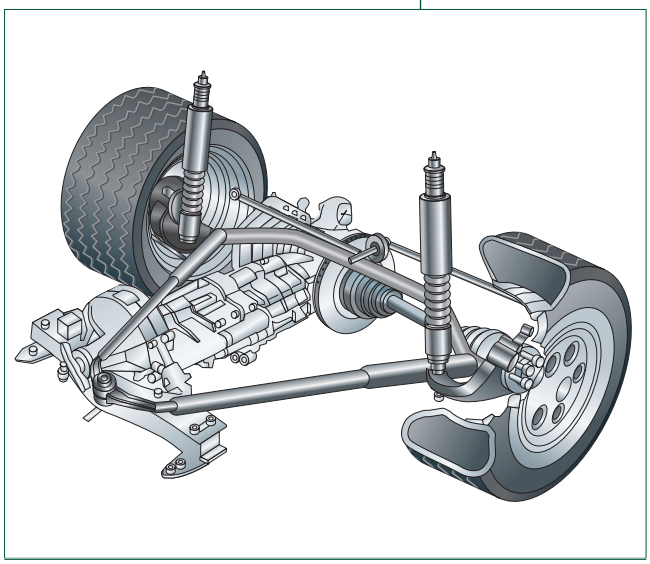
> **La suspensión con puente o eje de Dion es sistema híbrido entre la suspensión de eje rígido y la independiente. El eje de Dion va unido a cada una de las ruedas traseras y describe una curva para salvar el diferencial. El diferencial, por tanto, está unido al bastidor y es parte de la masa suspendida, factor que mejora el confort y funcionamiento de la suspensión.**

La unión entre el eje De Dion y el bastidor se realiza mediante dos brazos oblicuos, que soportan los esfuerzos longitudinales, de aceleración y de frenada.

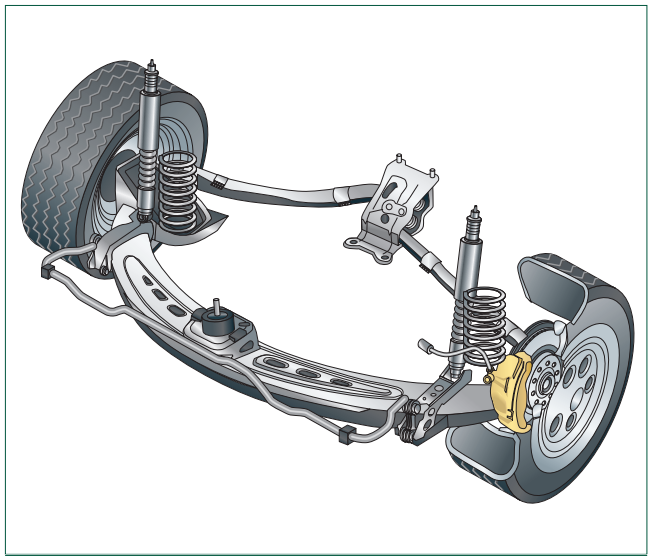
Este sistema puede incluir algún tipo de sujeción transversal, como una barra Panhard o un paralelogramo de Watt.

La principal ventaja es que mantienen siempre las ruedas en una posición fija con relación al plano del suelo, aunque la carrocería se balancee. Mientras que el principal inconveniente es que tiene una masa no suspendida muy elevada.

En la actualidad, hay pocos coches que lo montan ya que su coste es elevado y es más pesado que una suspensión independiente.



8.51. Puente de Dion con paralelogramo de Watt.



8.52. Paralelogramo de Watt.

Actividades propuestas

1·· ¿Cuáles son las diferencias entre masas suspendidas y no suspendidas?

2·· ¿Qué es la resonancia en electromecánica?

3·· ¿Qué factores intervienen en el aumento de la dureza de un muelle helicoidal?

4.2 > Suspensión independiente

La suspensión independiente permite mejorar el control del vehículo y el confort de marcha.

> **En la suspensión independiente cada rueda se monta sobre su propio eje, permitiendo así el movimiento individual sobre el terreno. Es decir, cuando una rueda recibe una oscilación la otra no se ve afectada.**

Con este tipo de suspensión se consigue que la transmisión de las oscilaciones a la carrocería o al chasis sea menor, ya que disponen de una menor masa suspendida.

En cuanto a geometría, la suspensión independiente se adapta de manera más adecuada al terreno, favoreciendo el agarre del neumático.

Entre otros, existen los siguientes tipos de suspensiones independientes:

– Paralelogramo deformable.
– McPherson.
– Brazos tirados.
– Multibrazo.

8.53. Suspensión independiente a las cuatro ruedas.

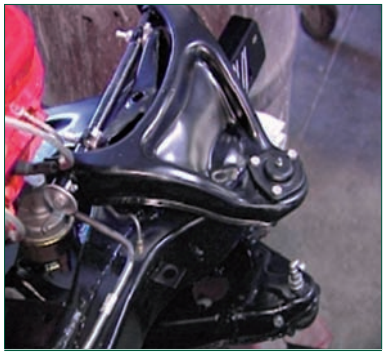
Paralelogramo deformable

La suspensión con paralelogramo deformable es muy utilizada desde hace años en vehículos tanto para el eje delantero como para el trasero.

Esta suspensión utiliza trapecios unidos con elementos elásticos, como barras de torsión, muelles, etc.

Los trapecios se unen a la carrocería mediante *silentblock* y a la mangueta mediante rótulas. Pueden utilizar cualquier elemento elástico como ballestas, muelles o barras de torsión.

Al moverse la rueda con relación a la carrocería, ese paralelogramo se deforma. El paralelismo de los brazos hace que el cambio de caídas sea proporcional al movimiento de balanceo, por lo que se hace necesaria la utilización de una barra estabilizadora para garantizar la estabilidad del vehículo.



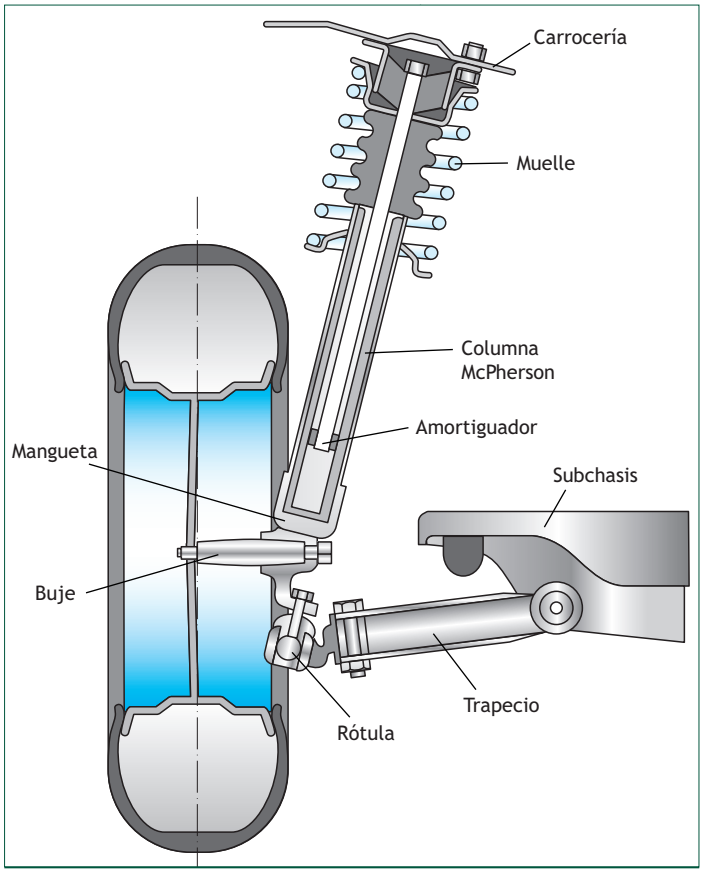
8.54. Paralelogramo deformable.

Suspensión McPherson

La suspensión McPherson fue desarrollada por Earle S. McPherson, ingeniero de Ford del cual recibe el nombre.

Esta suspensión está formada por un bloque en el que se integra el amortiguador y el muelle. El muelle se monta encerrado en el interior del amortiguador concéntrico a él. Por la parte inferior, el bloque de suspensión McPherson se une a la mangueta mediante tornillos o integrando el tubo del amortiguador en la mangueta.

La unión a la carrocería se realiza mediante una unión flexible y un cojinete axial que permite el giro del bloque de suspensión con la rueda.



8.55. Montaje de la columna McPherson.

Los movimientos de subida y bajada de la rueda son absorbidos por el muelle, y la intensidad de las oscilaciones son reducidas por el amortiguador.

La suspensión McPherson es muy efectiva en vehículos de tracción delantera y habitual en vehículos de pequeño y mediano tamaño. Permite reducir las masas no suspendidas, por lo que las fuerzas que se generan son reducidas. Además, con esta suspensión se permite un ahorro de espacio.

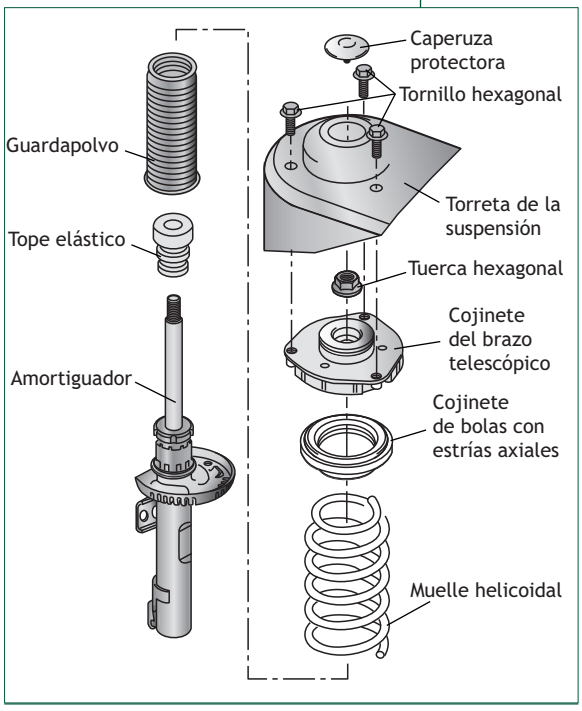
Por el contrario, se le achacan los siguientes inconvenientes:

– No son prácticas en vehículos con gran longitud y peso.
– Compromete en ocasiones la calidad de conducción.
– Las irregularidades de la carretera afectan directamente a la carrocería.

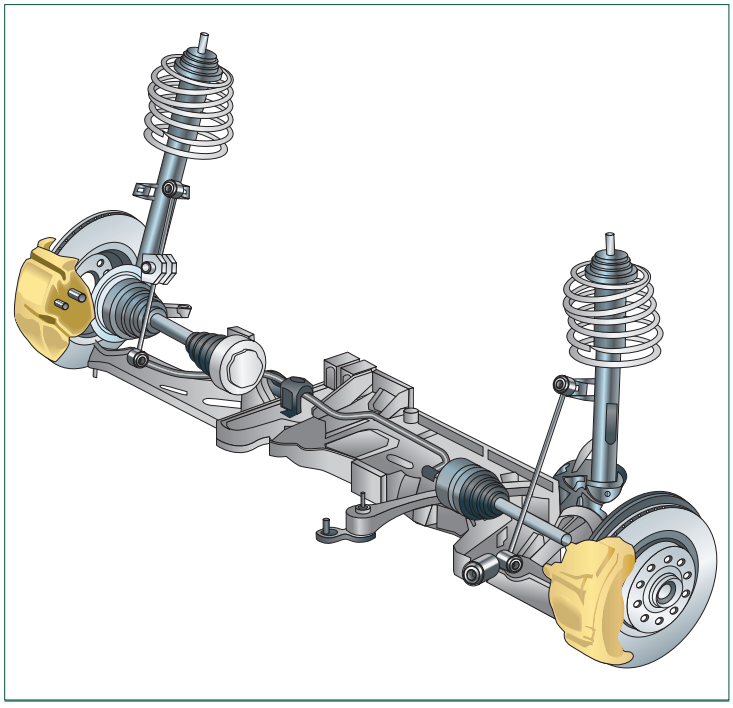
Suspensión de brazos tirados

Este tipo de suspensión independiente se utiliza generalmente en la parte trasera del vehículo, aunque en algunos modelos antiguos se utilizaba en el tren delantero.

La suspensión de brazos tirados consiste en un brazo de suspensión articulado para cada rueda unido por un lado al bastidor y por el otro a la man-



8.56. Despiece de la columna McPherson.



8.57. Tren delantero con suspensión McPherson.

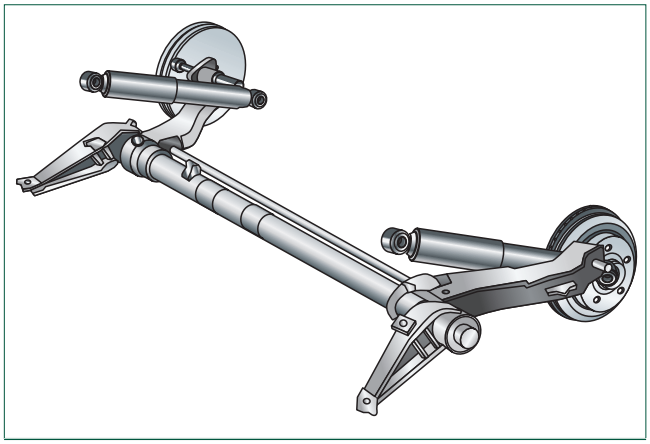
gueta de la rueda. La rueda, en su movimiento oscilante, describe una trayectoria circular respecto a su eje, por lo que la caída de la rueda no varía.

El sistema utiliza como resorte muelles o barras de torsión; en estas últimas permite la regulación de altura de la carrocería. La amortiguación se consigue con amortiguadores telescópicos anclados al brazo de suspensión y a la carrocería.

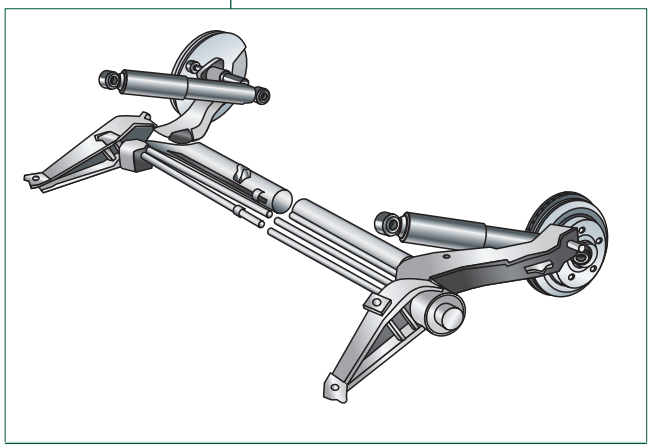
En el sistema de muelles, estos pueden ir unidos concéntricos o no al amortiguador, siendo esta la última tendencia de montaje de los vehículos actuales.

En el sistema de suspensión de brazos tirados con barras de torsión, las barras se montan de manera transversal a la carrocería. Como mínimo se utilizan dos, pudiendo llegar incluso a montar cuatro en vehículos cuyo tarado deba ser mayor. Por ejemplo, existen modelos que montan dos barras de torsión en el puente trasero, mientras que un modelo similar pero con mayor motorización, monta cuatro barras unidas por una gemela.

Cuando el brazo tirado tiene su eje transversal al vehículo, se dice que es un brazo arrastrado. Con este sistema no existe variación en la caída o avance de la rueda.

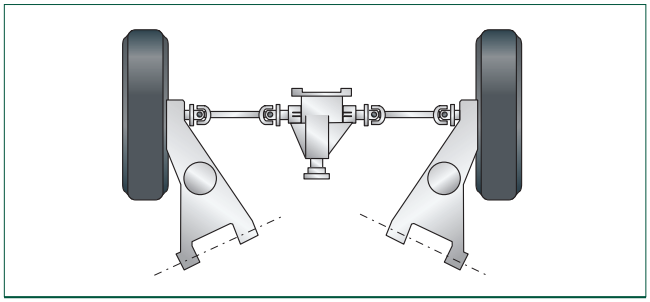


8.58. Brazos tirados con dos barras de torsión.

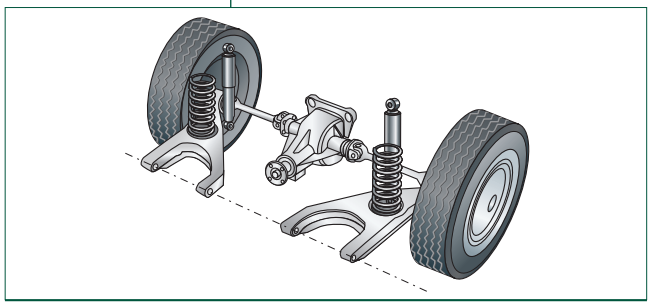


8.59. Brazos tirados con cuatro barras de torsión.

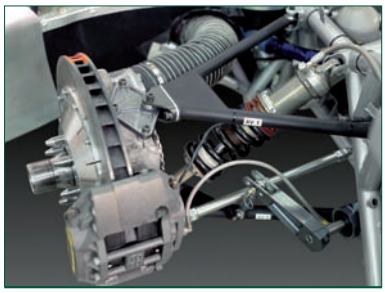
Si por el contrario, el eje del brazo es oblicuo respecto al plano longitudinal del vehículo, se denomina brazo semiarrastrado. Este sistema permite que se varíe durante la marcha la caída y el avance de las ruedas con lo que se mejora la estabilidad del vehículo.



8.60. Brazos semiarrastrados.



8.61. Brazos arrastrados.



8.62. Suspensión multibrazo.

Suspensión multibrazo

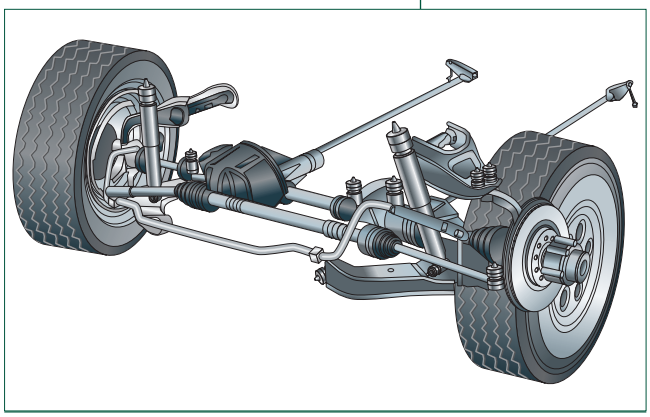
Este tipo de suspensión proporciona una flexibilidad geométrica total de la rueda con un control longitudinal y transversal de la misma. Posee una masa no suspendida relativamente baja, por lo que es muy generalizado el montaje en vehículos de competición.

Está formada por varios brazos que unen la carrocería con la mangueta mediante cojinetes elásticos y rótulas. Existen muchas variantes de este tipo de suspensión, la más generalizada utiliza para unir la carrocería y la mangueta un trapecio por la parte inferior y dos brazos por la parte superior. Además, puede incluir otro brazo o tirante por la parte delantera o trasera, unido a la mangueta, para compensar los movimientos longitudinales del eje.

La suspensión multibrazo permite un control total de la geometría del vehículo ya que se permiten todo tipo de reglajes.

Permite a los vehículos ser más flexibles, es decir, los vehículos se adaptan con mayor facilidad sobre cualquier terreno. Los brazos múltiples aprovechan el balanceo del vehículo permitiendo recuperar el efecto de subviraje debido a que el vehículo entra mejor en las curvas sin necesidad de corregir continuamente el ángulo de giro.

Estas suspensiones hacen que las ruedas traseras en curva adopten una función de viraje con una alineación parecida a la de las ruedas dirigidas por la dirección.



8.63. Suspensión de doble brazo con barras de torsión.

8.64. Suspensión delantera multibrazo de un Fórmula 1.

Actividades propuestas

4·· ¿Qué es el centro de gravedad de un vehículo?

5·· ¿Qué es y para qué sirve la barra estabilizadora?

6·· Explica el funcionamiento de un amortiguador telescópico hidráulico.

7·· ¿Qué tipos de resortes conoces? Enumera vehículos del mercado donde se montan.

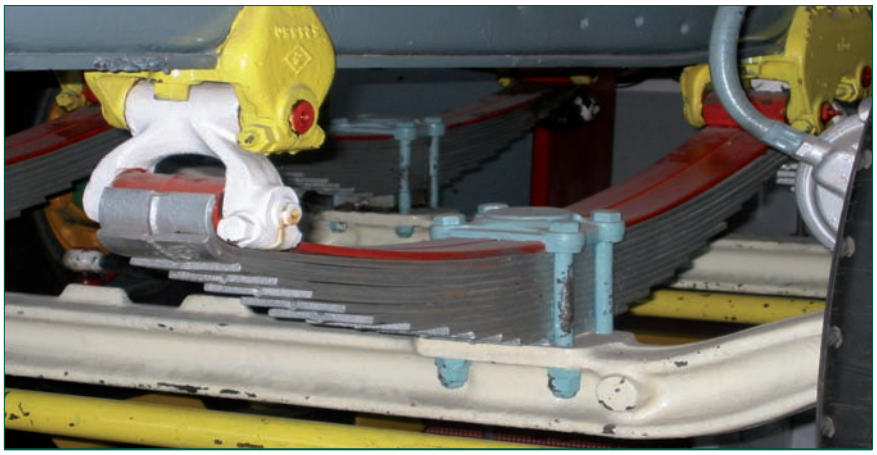
8·· Enumera tres masas suspendidas y tres masas no suspendidas de un automóvil.

5 >> La suspensión en los vehículos industriales

El principio de suspensión de estos vehículos es similar al de los automóviles, pero no la filosofía del mismo. En un automóvil el sistema de suspensión debe ser capaz de ofrecer una excelente estabilidad sin dejar de prestar atención a la comodidad, el confort y la posibilidad de carga.

En un vehículo industrial, excepto en los autobuses, la comodidad pasa a un segundo plano; aquí lo que se busca es un comportamiento excelente bajo carga, es decir la suspensión debe aguantar el peso para la que está diseñada.

Actualmente en estos vehículos se montan suspensiones neumáticas. No obstante, existen en el mercado vehículos industriales que siguen montando suspensiones mecánicas, ya sea por ballestas parabólicas o trapezoidales o por muelles.



8.65. Suspensión por ballestas de un vehículo industrial.

En los vehículos industriales se montan ejes rígidos. Estos ejes utilizan como resortes muelles o ballestas longitudinales, siendo estas últimas generalizadas por su capacidad de carga y por su versatilidad de montaje.

El sistema de ballestas facilita la sujeción del eje al chasis sirviendo de soporte y unión. Además las ballestas permiten estar sometidas a gran carga. Por el contrario son ruidosas y necesitan un mantenimiento apropiado de limpieza y engrase.

El sistema de muelles es menos utilizado. Este necesita de un sistema de barras para el apoyo del eje.

En ambos sistemas, la amortiguación de las oscilaciones se consigue gracias al montaje de amortiguadores telescópicos.

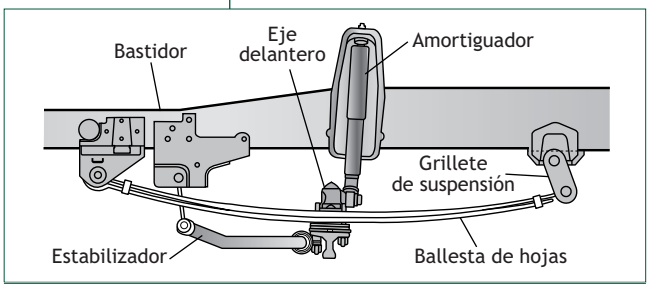
En los vehículos industriales, también se utilizan barras estabilizadoras para los ejes delanteros y traseros. Estas se diseñan convenientemente adaptadas al tonelaje del vehículo.

Evolución de las ballestas

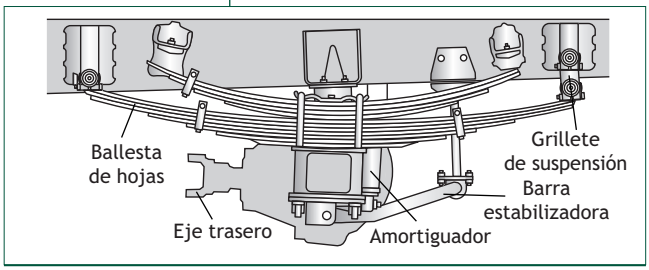
Las ballestas parabólicas son un 40% más ligeras que las ballestas trapezoidales convencionales.

Protección anticorrosiva de las botellas

Las ballestas de la suspensión se protegen contra la corrosión con un revestimiento en polvo de cinc, que mejora considerablemente la durabilidad del sistema completo de suspensión.



8.66. Montaje de la ballesta en el eje delantero.



8.67. Montaje de la ballesta para el eje trasero.

6 >> La suspensión en motocicletas

8.68. Horquilla delantera de una motocicleta.

Las motocicletas se comportan de manera diferente a los automóviles y todoterrenos. Las motocicletas pueden ser de dos, tres y cuatro ruedas, por ello el sistema de suspensión difiere en cada una de ellas.

Las motocicletas de dos y tres ruedas montan generalmente un sistema de horquilla de suspensión para la parte delantera y un basculante articulado con amortiguador telescópico y muelle para la trasera.

Para las motos de cuatro ruedas (quad) el sistema de suspensión utilizado varía en la parte delantera. Aquí, en lugar de utilizar una horquilla, se utiliza un sistema de suspensión de trapecios superpuestos o brazos articulados, con lo que la suspensión se hace independiente para cada rueda.

Horquilla delantera de suspensión

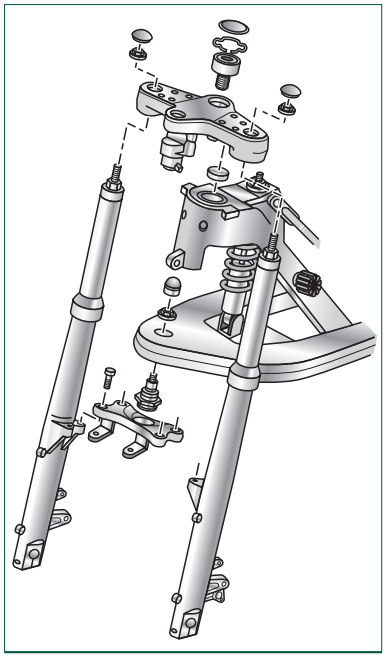
Este sistema posibilita el montaje de la rueda entre la horquilla y facilita el guiado de la dirección a través del soporte superior de la horquilla.

La horquilla puede ser convencional o invertida.

En la horquilla convencional dos tubos concéntricos realizan la función de la suspensión. El primero e inferior sirve de soporte para el eje de la rueda y para el alojamiento interno de los distintos componentes. El segundo hace de vástago y sujeta la parte superior de la horquilla con el soporte de dirección. Entre estos dos tubos se montan retenes, los cuales impiden la pérdida de aceite de la suspensión. En el interior de estos dos tubos se encuentran el émbolo del amortiguador, las válvulas de amortiguación y los muelles de suspensión, además de casquillos que limitan el recorrido y la altura de la horquilla y retenes que cierran e impiden la pérdida de aceite.

En la compresión, el tubo interior se introduce en el tubo exterior en sentido descendente. El émbolo inicia su carrera de descenso dejando pasar por las válvulas más o menos aceite en función de la fluidez del mismo. Un muelle interior frena el descenso de la horquilla y limita su recorrido.

En la extensión, las válvulas frenan el rebote y la horquilla recupera su posición gracias al muelle de recuperación.



8.69. Horquilla delantera.

8.70. Montaje de la horquilla a la rueda.

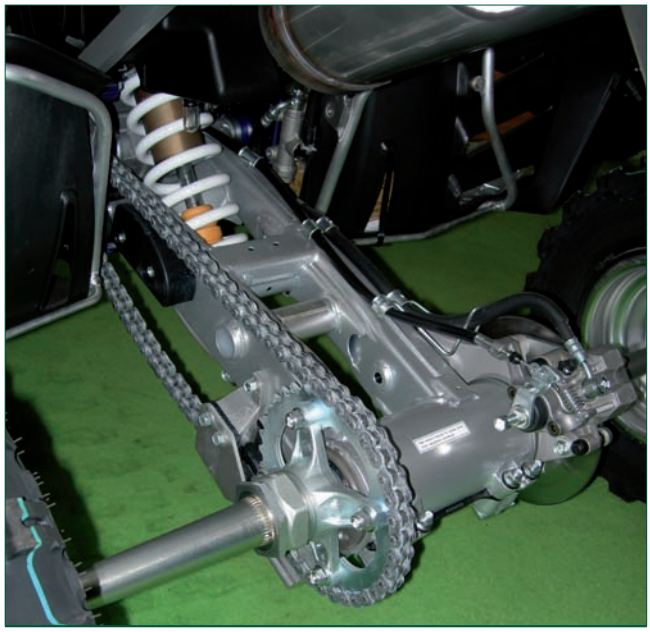
Basculante articulado

Para la parte trasera, las motocicletas utilizan un basculante en forma de H unido, por un lado, al chasis en el cual se articula y por el otro extremo a la rueda donde tiene su eje de giro.

El basculante actúa de palanca para el ascenso y descenso de la rueda. El sistema de amortiguación y muelle se realiza gracias a uno o dos bloques de suspensión formados por un amortiguador y un muelle concéntrico a él.

Cuando se utiliza un solo bloque amortiguador, este se monta en la parte central del basculante por la parte delantera, mientras que si se utilizan dos bloques se monta uno en cada extremo del basculante.

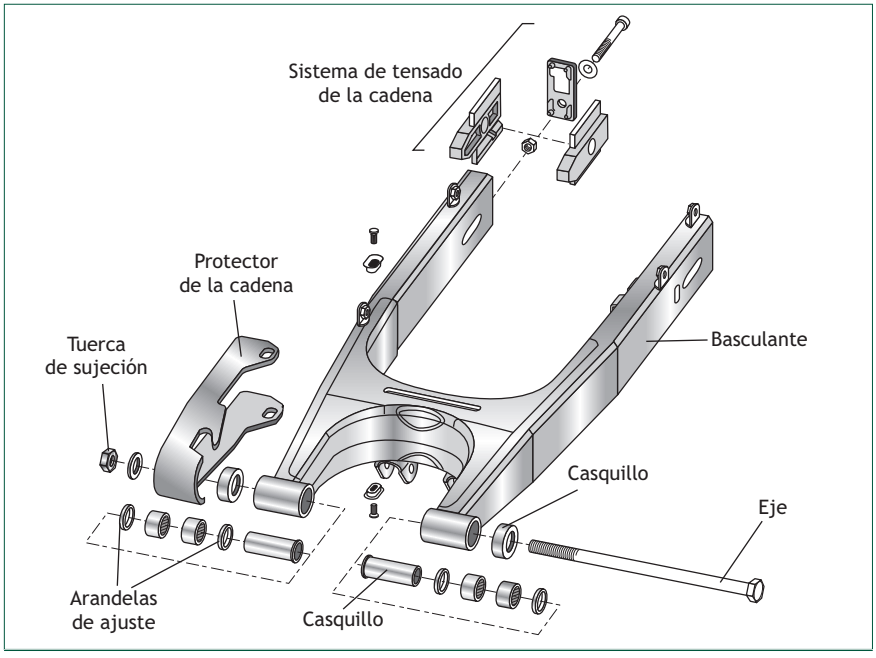
La mayoría de bloques de suspensión permiten la regulación de dureza del muelle a través de la precarga de este. Algunos bloques de suspensión instalan botellas de gas nitrógeno a presión para garantizar un funcionamiento más preciso de la suspensión.



8.71. Basculante trasero de un quad.

El desarrollo de las suspensiones de las motocicletas ha llevado a realizar distintos montajes para un funcionamiento progresivo de la misma. Uno de ellos fue el famoso ***cantilever*** que utilizaba dos horquillas, una unida a la rueda y al chasis y otra a la rueda y al amortiguador, de tal manera que el movimiento del basculante era progresivo a la fuerza que actuaba sobre la rueda.

Otro sistema de progresión ha sido el basado en el montaje del bloque amortiguador sobre horquillas y bieletas. Este sistema garantiza también una dureza progresiva limitando el espacio de los componentes.



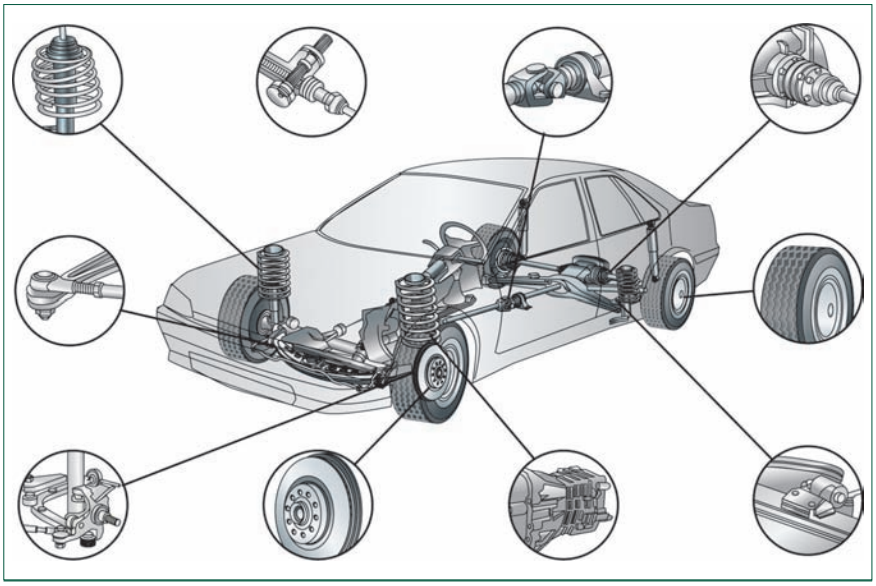
8.73. Despiece del basculante de la rueda trasera.

8.72. Amortiguador trasero de una superkike.

7 >> Diagnóstico del sistema de suspensión

Un correcto diagnóstico de la suspensión es imprescindible para garantizar la seguridad activa y el confort en la conducción. Debemos tener en cuenta que a la suspensión le afectan mecanismos como la dirección, los frenos, ejes, etc. Por ello, es imprescindible realizar una comprobación exhaustiva de todos los mecanismos.

El diagnóstico de la suspensión se realiza manualmente, utilizando bancos de holguras que permiten simular los distintos movimientos de la suspensión y con bancos de suspensión, ya sean por rodillos o de placas.



8.74. Elementos que intervienen en la suspensión y que se deben diagnosticar.

En el diagnóstico de la suspensión, es importante la influencia de la temperatura y, en especial, la de los amortiguadores ya que la capacidad de amortiguación depende de la temperatura del aceite interior de los mismos. Por ello, siempre que sea posible se comprobará la temperatura de funcionamiento.

Del mismo modo, antes de realizar la prueba de suspensión, hay que controlar la presión de los neumáticos, ajustándola a la indicada por el fabricante, por medio del manómetro.

7.1 > Comprobación sin banco de suspensión

En primer lugar se deben verificar los soportes del amortiguador: se comprueba si están rotos o deteriorados por fatiga o corrosión. Se verifican también los casquillos *silentblock* de montaje, inspeccionando si estuvieran deformados o agrietados; en su caso, sustituir por unos nuevos.

Posteriormente se verificarán los topes de compresión y los guardapolvos de protección, por si estuvieran rotos o agrietados. Los primeros limitan el recorrido de la suspensión, por lo que si no se encuentran en correcto estado notaremos marcas de haber echo tope la suspensión con la carro-

cería. Los segundos protegen el vástago y el retén del amortiguador, por lo que si se encontraran en mal estado existiría el riesgo de que entrara suciedad y se rayara el vástago o se deteriorara el retén, con lo que tendríamos pérdidas de aceite.

Se verifican los componentes de montaje para detectar ruido o un movimiento vertical o lateral excesivo. Por ejemplo, se verifican los topes de goma superiores de las columnas McPherson.

Se verifica también si existen fugas de aceite o si el vástago o el cuerpo del amortiguador tuviera golpes o estuviera doblado. Si hubiera una pérdida de aceite, el amortiguador perdería eficiencia y no reduciría las oscilaciones de la suspensión. Mientras que si el vástago o el cuerpo está doblado o tiene daños, el amortiguador no trabaja de manera eficiente. En ambos casos se debe sustituir el amortiguador por uno nuevo.

Se inspeccionan los neumáticos, ya que son una buena fuente de información del estado del vehículo. Por ejemplo, si se pasa la mano por encima del neumático en sentido contrario a la marcha y se nota un escalonamiento del mismo, este puede haber sido provocado por llevar una carga inadecuada en el eje, por lo que este rebota en exceso, o porque el amortiguador está en mal estado y hay que sustituirlo.

Se termina la inspección verificando otros componentes de la suspensión como las rótulas, los brazos de la suspensión, el buje, etc. Se determinan las holguras, dobleces, desgastes u otros defectos que pudieran influir en el funcionamiento de los mismos.

Prueba del rebote

Otra prueba que hay que realizar es la prueba del rebote. Consiste en realizar presión sobre la carrocería hacia abajo para comprobar el rebote de la suspensión. Si el rebote no es absorbido por el amortiguador y la oscilación de la carrocería es continua, podrá indicar que el amortiguador no se encuentra en buen estado y deberá ser sustituido.

8.75. Prueba dinámica del vehículo en carretera.

Prueba dinámica del vehículo

En muchas ocasiones, no es fácil determinar un funcionamiento incorrecto de la suspensión si no se realiza una prueba en carretera. Es esta prueba se debe comprobar la estabilidad del vehículo en situaciones de aceleración y frenado comprobando si existe un cabeceo excesivo. También se comprobará el comportamiento ante los virajes realizando giros para determinar si existe un balanceo con rebotes excesivos del vehículo.

En esta prueba se deben conocer las características del vehículo, de tal manera que no es lo mismo realizar una prueba dinámica en carretera a un vehículo de calle en el que prima el confort, que realizar la prueba a un GTI o modelo deportivo, que prima más la estabilidad que el confort. El balanceo y los rebotes no se realizarán de igual manera en ambos modelos, por lo que en el estudio habrá que tener en cuenta estos factores.

8.76. Prueba del rebote.

Práctica 6

7.2 > Comprobación con banco de suspensión

Los bancos de comprobación de las suspensiones pueden ser de dos tipos: de rodillos y de placas. Estos basan su funcionamiento en la comparación del rebote de las dos ruedas de un mismo eje.

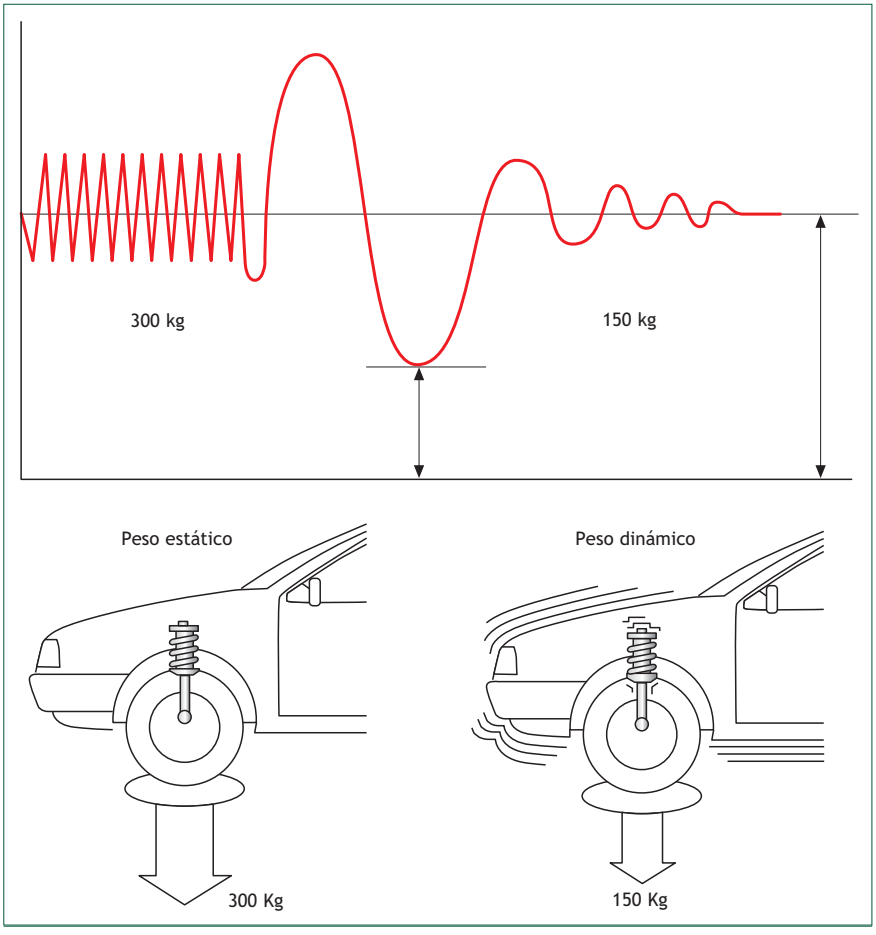
– **Los bancos de rodillos** calculan el peso estático de cada eje y el peso dinámico durante la prueba. Con estos dos valores se calcula el rendimiento por rueda y se comparan los valores derecho e izquierdo.

$$\frac{\text{Peso dinámico mínimo}}{\text{Peso estático}} \cdot 100 = \text{rendimiento}$$

Una asimetría superior a un 20% entre ambas ruedas de un mismo eje se considera excesiva e indica que se debe revisar la suspensión.

– **Los bancos de placas** distinguen los rebotes realizados por la suspensión gracias a la fuerza de frenado que se realiza durante la prueba. Estos bancos, al igual que los de rodillos, comparan los resultados entre las dos ruedas de un mismo eje y determinan el porcentaje de diferencia.

Este banco permite estudiar las extensiones y las compresiones en las oscilaciones de la carrocería, de tal manera que se puede analizar incluso si existen holguras, agarrotamientos, etc.



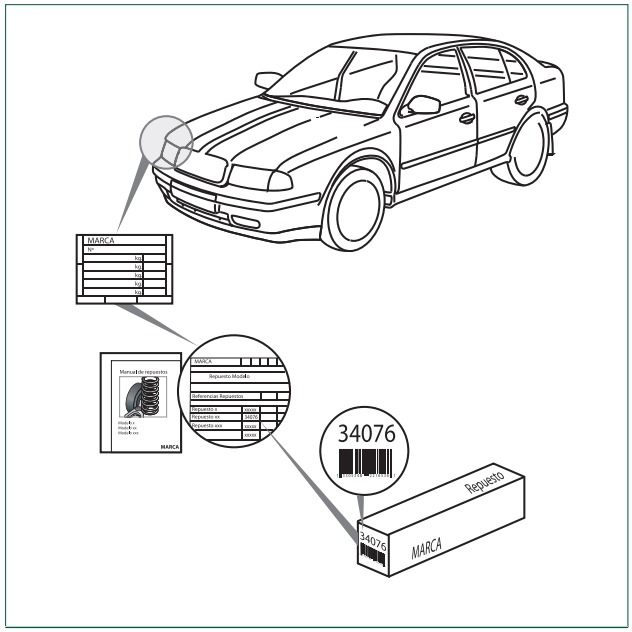
8.77. Pesos por rueda que inciden en la suspensión.

Técnica

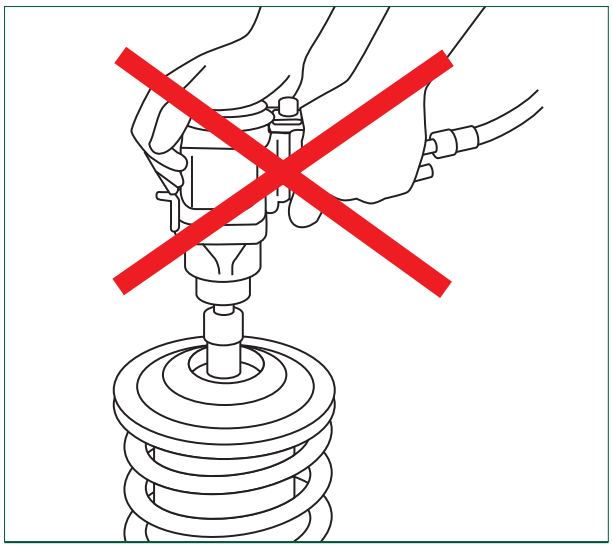
Montaje de un amortiguador

•• El montaje correcto del amortiguador requiere que sigas las instrucciones indicadas por el fabricante junto con los siguientes principios básicos:

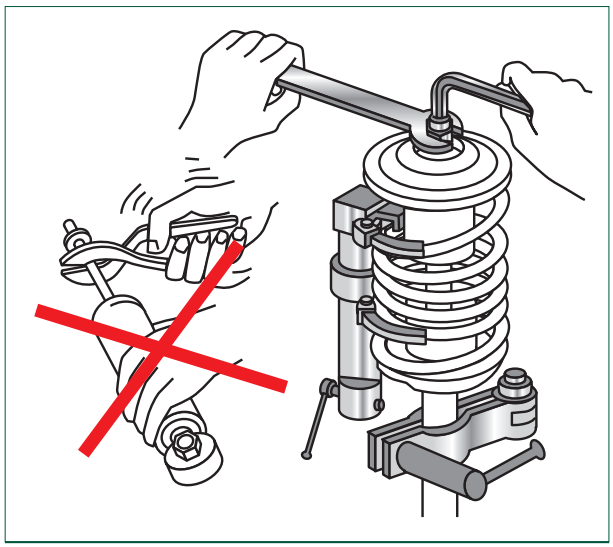
- En primer lugar debes conocer datos como la marca y modelo del vehículo, tipo y potencia, año de fabricación, etc. Con estos datos se localiza el amortiguador adecuado al vehículo en el catálogo vigente.
- Como norma general solamente puedes utilizar la pistola neumática para ayudarte a desmontar las piezas, nunca para montar los amortiguadores nuevos, ya que el apretar las tuercas y tornillos con pistola neumática puede dañar las piezas en el montaje así como el funcionamiento correcto del conjunto.
- Debes utilizar herramientas en buen estado y apropiadas a los elementos que debes desmontar. Esto es importante ya que se podrían dañar los componentes nuevos.
- Si el amortiguador que se debe sustituir es de cartucho, introduce entre este y su alojamiento aceite nuevo, ya que permitirá mejor la evacuación de calor.
- El amortiguador nuevo se debe cebar antes de montarlo. Esto se realiza en la misma posición en la que irá montado en el vehículo, tirando y empujando el vástago varias veces hasta el tope.
- En el apriete, aprieta a primera instancia cuajando las tuercas. Una vez sentado el vehículo sobre el terreno, se bacheará para asentar los elementos. Aprieta con llave dinamométrica al par recomendado por el fabricante.



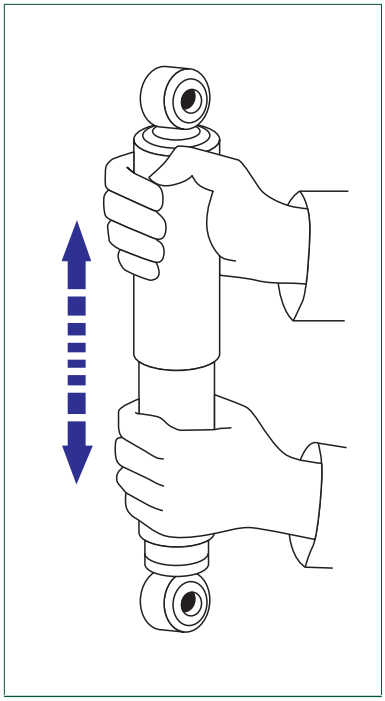
8.78. Características del amortiguador.



8.79. Evitar utilizar pistola neumática.

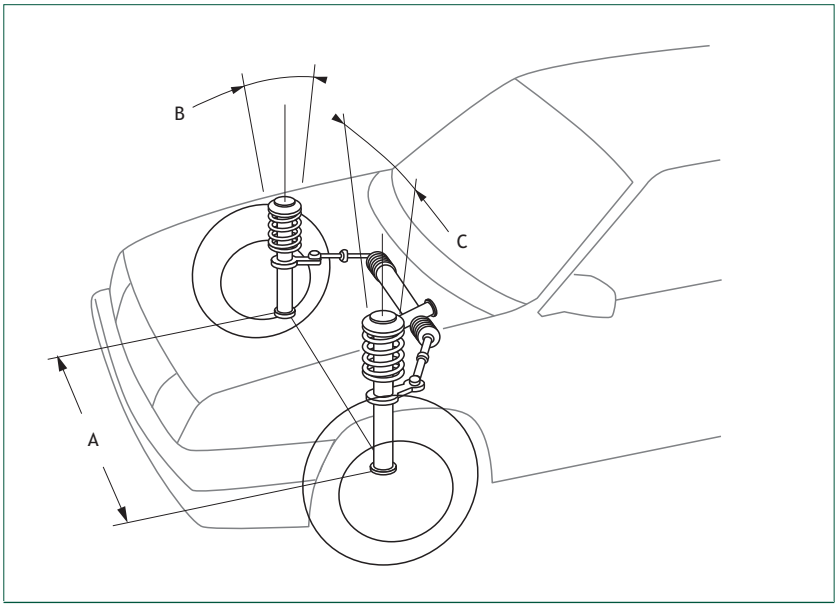


8.80. Sujeción del bloque de suspensión.



8.81. Cebado del amortiguador.

- Una vez montada la suspensión nueva realiza una comprobación de la geometría de las ruedas, convergencia, avance y caída.



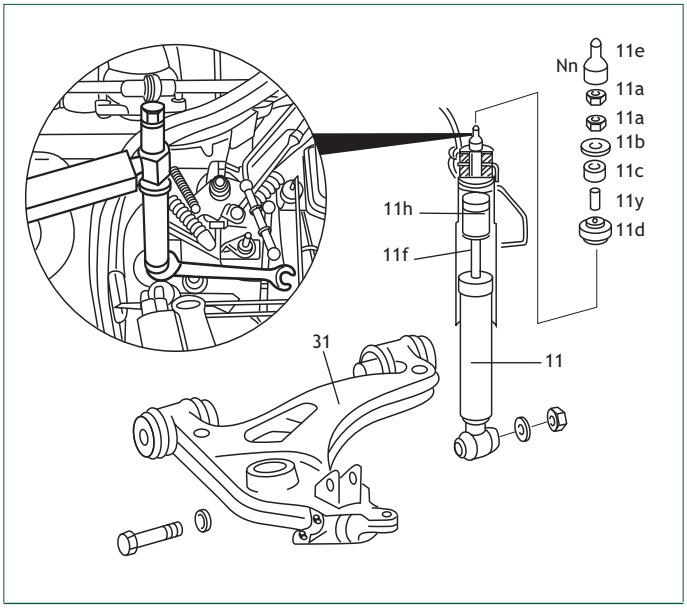
8.82. Comprobación de la geometría.

Técnica

Sustitución de un amortiguador delantero de un Mercedes-Benz modelo 210

•• Para el desmontaje de la fijación superior del amortiguador, el vehículo debe estar apoyado sobre sus ruedas. Los pasos a seguir para la sustitución son los siguientes:

- Desmontar la fijación superior del amortiguador, para ello quitar la cubierta (11e).
- Sustituir la tuerca autofrenante (11a).
- Quitar el disco (11b) y el *silentblock* (11c).
- Elevar el vehículo.
- Desmontar el amortiguador (11) del brazo oscilante transversal (31) y extraerlo hacia abajo.
- Quitar las piezas de fijación (11y, 11d, 11f, 11h) del amortiguador (11) y examinar las piezas de fijación (11d, 11f, 11h) en cuanto a daños y grietas.
- Comprobar el amortiguador.
- Por último, montar en orden inverso de operaciones.



8.83. Despiece de la suspensión.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué es el centro de balanceo de un vehículo?

2·· ¿Sobre qué ejes pivota un vehículo? Explica cómo inciden estos ejes debido a la transferencia de pesos.

3·· ¿En qué consiste el periodo de una oscilación? ¿Y la frecuencia?

4·· ¿Qué es un trapecio?

5·· ¿Cuál es la misión de la barra Panhard? ¿Dónde y cómo se monta?

6·· ¿Qué diferencias existen entre una barra de torsión y una barra estabilizadora?

7·· ¿Cuáles son las características principales de un muelle helicoidal?

8·· Enumera las funciones principales de un amortiguador.

9·· ¿Cuáles son las diferencias entre una suspensión de eje rígido y una suspensión independiente?

10·· ¿En qué consiste la suspensión tipo McPherson?

.: APLICACIÓN :.

1·· Determina el estado de la suspensión de distintos vehículos del taller mediante la prueba del rebote.

2·· Sobre manuales de taller, identifica el tipo de suspensión que montan diversos vehículos y analiza de qué elementos está compuesta.

3·· Verifica las alturas de un vehículo con barras de torsión y realiza el reglaje de alturas según el manual de reparaciones.

4·· Sustituye los amortiguadores delanteros o traseros de un vehículo del taller. Analiza el sistema de suspensión que monta y verifica el estado de los elementos.

5·· Sustituye los apoyos (silentblocks, bieletas, etc.) de la barra estabilizadora de un vehículo.

6·· Extrae de un bloque de suspensión McPherson el muelle y verifica sus componentes: tacos de goma, rodamientos, fuelle guardapolvos, vástago, soportes, etc.

7·· Sobre un puente trasero con barras de torsión, desmonta estas y realiza el calado de las barras a distintas alturas.

8·· Realiza el desmontaje y montaje de la ballesta de un vehículo y verifica los elementos comprobando su estado y realizando su mantenimiento.

Caso final

Desmontaje, montaje y verificación de un amortiguador

•• Realiza el desmontaje y montaje del muelle y del amortiguador de un SEAT CORDOBA TDi 6L2 para comprobar su estado. Su propietario lo ha llevado al taller porque ha notado comportamiento incorrecto del eje trasero.

Solución •• El desmontaje del muelle y del amortiguador se realiza mediante operaciones comunes:

- En primer lugar eleva el vehículo hasta tener acceso a los tornillos.
- Desmonta las ruedas para evitar que su peso realice fuerza sobre el sistema.
- Quita los tornillos superiores del amortiguador de un lado, bien el derecho o el izquierdo.

8.84. Desmontaje de la rueda.

8.85. Extracción de los tornillos de unión del amortiguador con la carrocería.

- Extrae el tornillo de fijación inferior del amortiguador que te permitirá desmontarlo. Es aconsejable no desmontar el lado opuesto, si no es necesario, ya que el peso del eje hará que este baje.
- Con el amortiguador quitado, extrae el muelle de su alojamiento.

8.86. Extracción del tornillo inferior del amortiguador.

8.87. Extracción del amortiguador.

- Verifica el muelle y alojamiento.
  - Comprueba que la base de cinc no está dañada y sustitúyela en caso necesario.
  - Comprueba que no presenta deformaciones.
  - Verifica el amortiguador. No debe presentar fugas ni ruidos.

- Comprime el amortiguador con la mano. Sometiéndolo a una presión uniforme, el vástago del émbolo deberá dejarse encajar hasta el final sin que se produzcan sacudidas
- Si la presión de la carga de gas que hay en el amortiguador es suficiente, el vástago del émbolo retornará a su posición inicial.
- Incluso en el caso de que el vástago del émbolo no pudiera retornar por sí solo a su posición inicial, ello no implicaría necesariamente que el amortiguador estuviera averiado mientras no hubiera una fuga de aceite.

8.88. Extraccion del muelle.

8.89. Cebado del amortiguador nuevo.

- La operación siguiente es montar el muelle y el amortiguador, para ello ensambla el muelle con el apoyo superior. El extremo del muelle debe estar en contacto con el tope del apoyo. Coloca el muelle entre el soporte superior e inferior.
- Eleva el eje trasero con un gato hidráulico hasta que la parte superior del amortiguador entre en su alojamiento.
- Fija el amortiguador a la carrocería con tornillos nuevos a un par de apriete: 30 Nm + 1/4 vuelta (90°).
- Atornilla, sin apretar, el amortiguador por la parte inferior al eje con un tornillo y una tuerca nueva.
- Baja el vehículo y aprieta el tornillo inferior del amortiguador con el vehículo apoyado sobre sus ruedas a un par de apriete: 40 Nm + 1/4 vuelta (90°) y comprueba el ángulo de montaje entre el muelle y el amortiguador.

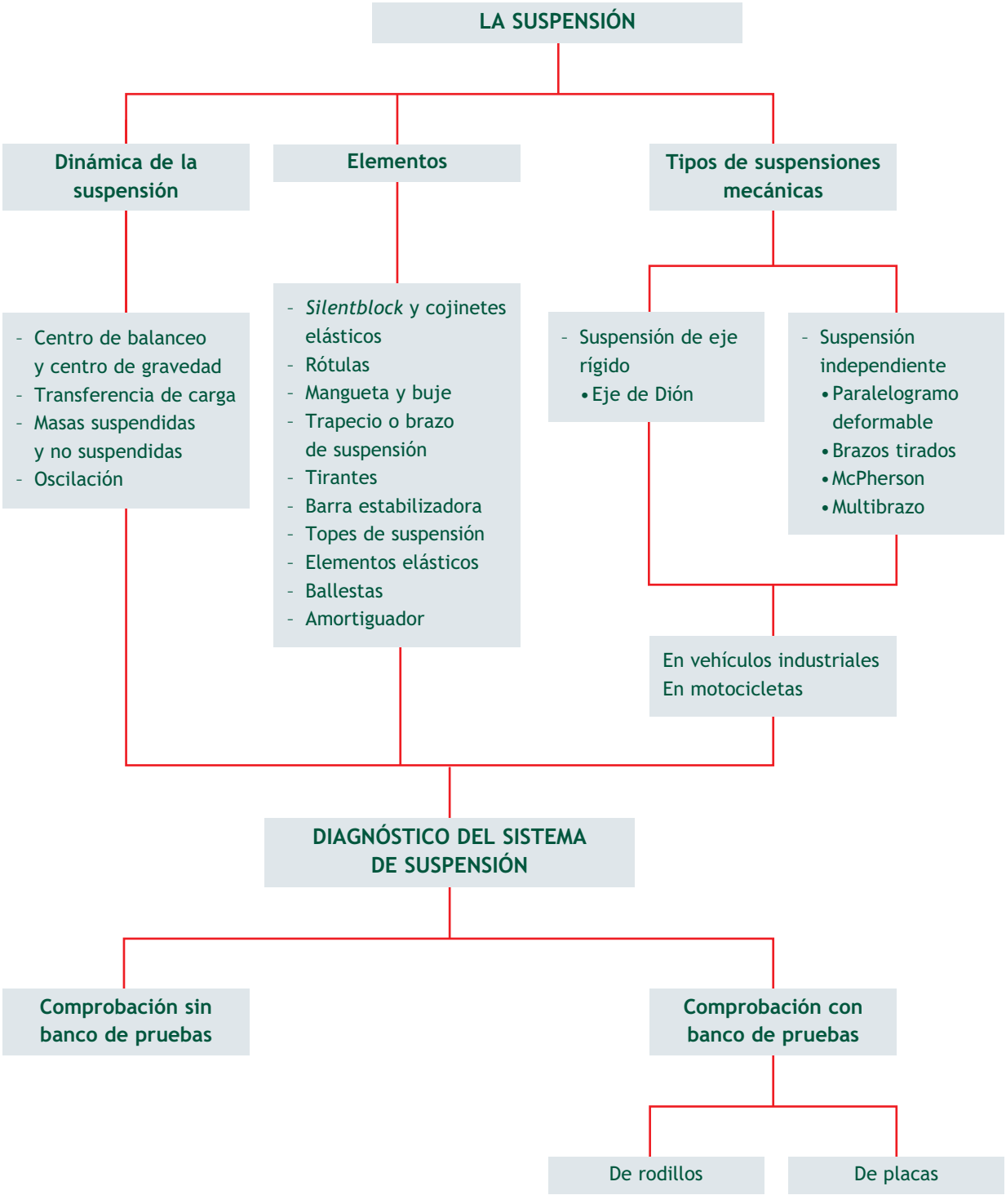
8.90. Montaje del amortiguador nuevo.

8.91. Comprobación visual del montaje de los tornillos.

Seguridad

Al empujar el eje trasero hacia arriba, vigila que la carrocería no se levante de los brazos de la plataforma elevadora, porque podría volcarse el vehículo.

Ideas clave


LA SUSPENSIÓN
Dinámica de la suspensión
Elementos
Tipos de suspensiones mecánicas
- Centro de balanceo y centro de gravedad
- Transferencia de carga
- Masas suspendidas y no suspendidas
- Oscilación
- *Silentblock* y cojinetes elásticos
- Rótulas
- Mangueta y buje
- Trapecio o brazo de suspensión
- Tirantes
- Barra estabilizadora
- Topes de suspensión
- Elementos elásticos
- Ballestas
- Amortiguador
- Suspensión de eje rígido
• Eje de Dión
- Suspensión independiente
• Paralelogramo deformable
• Brazos tirados
• McPherson
• Multibrazo
En vehículos industriales
En motocicletas
DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN
Comprobación sin banco de pruebas
Comprobación con banco de pruebas
De rodillos
De placas

LA SUSPENSIÓN DEL AUTOMÓVIL

La suspensión del automóvil, desde sus orígenes ha tenido un desarrollo lento y sin grandes avances. Hasta hace unos años, las modificaciones se basaban en el uso de aceites de distintas viscosidades y tarados de dureza de muelles regulados de forma mecánica.

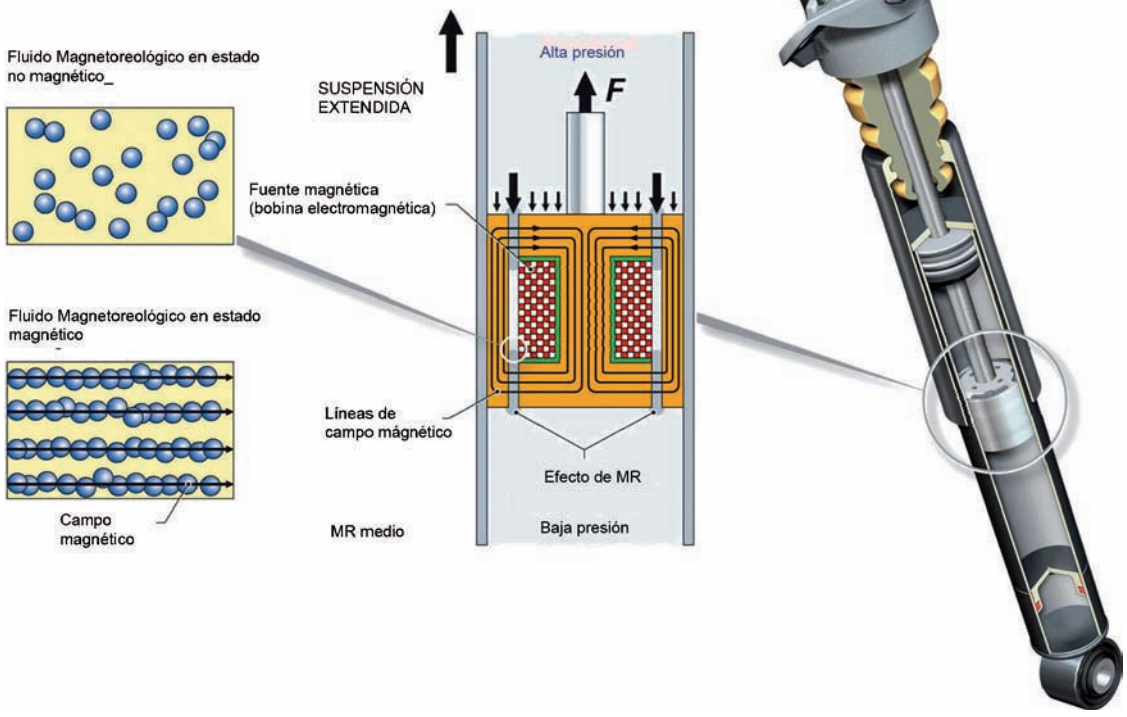
Con la introducción de la electrónica en la gestión de la suspensión, hoy en día se ha conseguido poder modificar desde los niveles de tarado de amortiguación hasta la altura de la carrocería de manera automática y en tiempos nunca imaginados.

En la actualidad marcas como Audi incorporan suspensiones con gestión electrónica que permiten adaptar la suspensión al tipo de conducción, teniendo en cuenta factores como la velocidad, el firme, etc.

La suspensión Magnetic-ride ajusta de forma instantánea y automática las fuerzas de amortiguación gracias a diferentes sensores (ángulo de giro, rotación) gestionados por una unidad de control y a cuatro amortiguadores en cuyo interior se encuentra un líquido magnetoreológico (compuesto por pequeñas partículas de hierro al carbono) controlado por la influencia de un electroimán.

Los amortiguadores se regulan en su fase de compresión y extensión en cuestión de milisegundos. La unidad de control calcula la corriente de excitación necesaria para la regulación de dureza de los amortiguadores (todo o nada) en función del terreno y de la conducción.

Jose Antonio Romero Carreras
Jefe de taller (Concesión VW-Audi)



unidad 9

Suspensión hidroneumática, regulación de altura y control de balanceo

SUMARIO

- Suspensión hidroneumática e hidractiva
- Suspensión con regulación de nivel

OBJETIVOS

- Conocer los sistemas hidroneumáticos de regulación de nivel del eje trasero e integral del vehículo.
- Estudiar el funcionamiento y los componentes de las suspensiones hidroneumáticas.
- Realizar prácticas de diagnostico, verificación y mantenimiento de las suspensiones hidroneumáticas.

1 >> Suspensión hidroneumática

La suspensión hidroneumática se remonta hacia el año 1954, cuando Citroën la incorpora en su modelo 15/6 H y posteriormente en el DS y en distintos modelos de la marca.

Este tipo de suspensión supuso la revolución de los sistemas de suspensión mecánicos conocidos hasta entonces.

> **La suspensión hidroneumática aportó una gran flexibilidad, así como la regulación de altura de la carrocería independientemente de la carga del vehículo.**

La suspensión hidroneumática ofrece las siguientes ventajas:

– Garantiza el confort de marcha y la elasticidad de la suspensión.
– Mantiene la altura de la carrocería constante independientemente de su carga.
– Permite regular un centro de gravedad más bajo, consiguiendo una mejor estabilidad de marcha.
– Mejora el funcionamiento de la suspensión en vacío. La flexibilidad de la suspensión varía con la carga.
– Permite regular la altura de la carrocería, subir y bajar para salvar obstáculos.
– Incorpora los amortiguadores en los bloques de suspensión, con lo que se ahorra espacio.
– Ofrece mayor seguridad en caso de pinchazo, ya que la carrocería sigue horizontal.
– El mantenimiento del sistema de suspensión es reducido.

Por el contrario, también tiene una serie de inconvenientes:

– Si existe alguna fuga durante estacionamientos prolongados, la suspensión cae y aparece un reblandecimiento de los ejes.
– El vehículo se inmoviliza en caso de fuga en el circuito hidráulico.

1.1 > Principio de la suspensión hidráulica

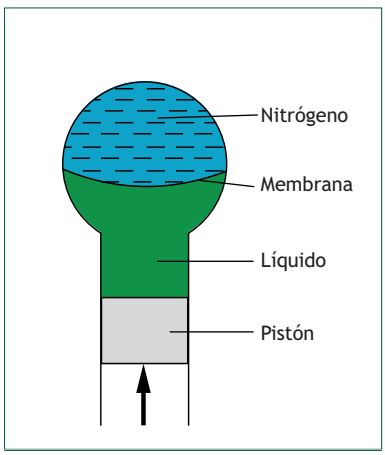
La suspensión hidráulica sustituye a los muelles mecánicos tradicionales por dos fluidos: un líquido y un gas separados por una membrana.

> **En la suspensión hidráulica el líquido transmite y asegura tanto el movimiento como la unión de los elementos móviles por el interior de las canalizaciones, debido a su incompresibilidad. El gas sustituye el resorte de la suspensión mecánica y proporciona la elasticidad necesaria a la suspensión.**

La función de la amortiguación es realizada por la resistencia al paso del líquido hidráulico por los orificios de los amortiguadores. Por medio de estos se realizan las funciones de la suspensión a distintos niveles de altura.

En la suspensión hidroneumática podemos distinguir dos circuitos hidráulicos:

– **Circuito hidráulico principal.** Constituido por elementos como el depósito, la bomba, el acumulador principal, etc.
– **Circuito hidráulico de suspensión.** Se distinguen los elementos que intervienen en la suspensión: bloques de suspensión, correctores de altura, etc.



9.1. Muelle hidroneumático.

1.2 > Circuito hidráulico principal

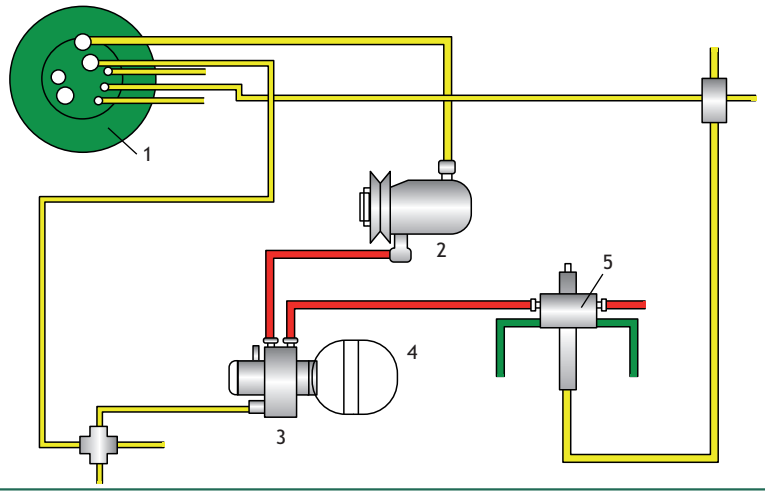
El circuito hidráulico principal genera y distribuye el caudal hidráulico a los circuitos hidráulicos del vehículo, a los frenos, a la dirección y a la suspensión.

Está formado por los siguientes elementos:

– Depósito hidráulico.
– Fuente de presión.
– Regulador de presión.
– Acumulador principal.
– Válvula de seguridad.

Lectura del nivel del líquido hidráulico

El nivel del líquido hidráulico se verifica con el motor en marcha y con la palanca del mando de alturas en su posición más alta. El indicador debe situarse entre las marcas de maxi y mini.



1 Depósito hidráulico
2 Fuente de presión
3 Regulador de presión
4 Acumulador principal
5 Válvula de seguridad

9.2. Circuito hidráulico principal.

Refrigeración del líquido de suspensión

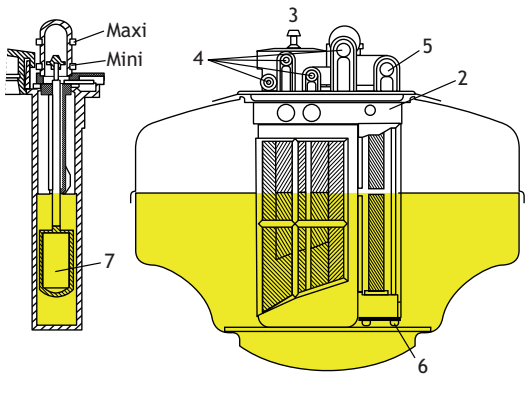
Gracias a la recuperación del líquido al depósito se facilita la refrigeración de este.

Canalizaciones al depósito

Llegarán tantas canalizaciones de retorno al depósito como circuitos disponga. Estas canalizaciones tienen filtros que permiten decantar y purificar el líquido hidráulico de manera que se eliminen sus impurezas. También disponen de un tapón de llenado y de una mirilla que permite visualizar el flotador que indica el nivel de llenado del líquido.

Depósito hidráulico

El depósito hidráulico es un recipiente metálico o de plástico que almacena el líquido hidráulico para asegurar el abastecimiento de la bomba y permitir su retorno y recuperación una vez utilizado.



1 Recipiente metálico o de plástico
2 Bloque central
3 Tapón de llenado con puesta a la atmósfera
4 Canalizaciones de retorno, cubiertas con filtro antiemulsión
5 Tubo de aspiración de la bomba, que se prolonga en un alojamiento equipado con filtro
6 Cámara de decantación separada del depósito por un deflector
7 Flotador de indicador de nivel

9.3. Depósito hidráulico.

Técnica

Control del nivel del depósito

•• El control del nivel del depósito se realiza con el motor en marcha, con el circuito con presión y con la suspensión en posición alta.

En este momento las marcas del flotador deben estar entre el máximo y el mínimo.

Fuente de presión

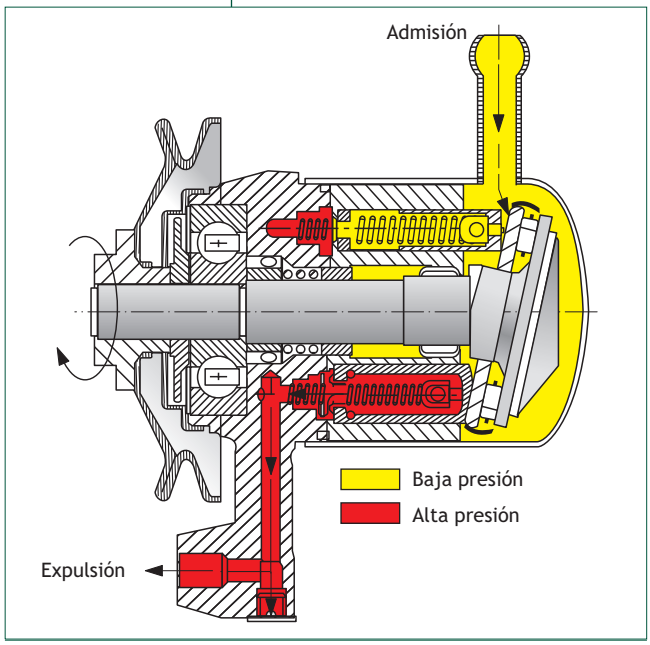
La fuente de presión es una bomba mecánica de alta presión de caudal constante. Está compuesta por distintos elementos de bombeo dispuestos circularmente.

La bomba se mueve gracias al giro del motor por medio de la polea de accesorios. Esta polea hace girar el eje de la bomba, que a su vez transmite el movimiento al plato oscilante que va montado sobre él a presión. Al no ser el plato perpendicular al eje, se transmite el movimiento alterno a los pistones para que realicen el bombeo del líquido.

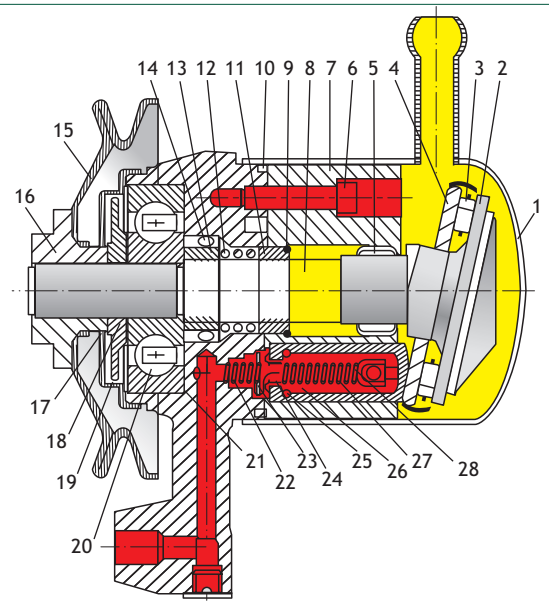
En este tipo de bombas, las camisas se mecanizan directamente sobre el cuerpo.

Los émbolos llevan un orificio central de aspiración provisto de una válvula de bola.

El elemento de bombeo dispone también de una válvula de descarga por muelle. Los orificios de descarga se comunican entre sí y a su vez con la utilización.



9.4. Funcionamiento de la bomba.



1. Cárter de la bomba
2. Platillo oscilante
3. Rodamiento axial de rodillos
4. Tope de rodillos
5. Rodillo de agujas
6. Tornillo de fijación al cuerpo de bomba
7. Cuerpo de bomba
8. Eje de bomba
9. Circlip
10. Junta de estanqueidad entre soporte, cuerpo y cárter
11. Asiento de muelle
12. Muelle de retén
13. Retén
14. Junta tórica del retén
15. Polea
16. Núcleo de polea
17. Copela
18. Junta de estanqueidad eje de mando
19. Arandela de estanqueidad
20. Rodamiento de bolas
21. Arandela de reglaje caudal
22. Muelle de válvula
23. Válvula
24. Asiento de válvula
25. Circlip
26. Camisa
27. Pistón
28. Muelle de recuperación del pistón

9.5. Componentes de la bomba.

9.6. Conjuntor-disyuntor.

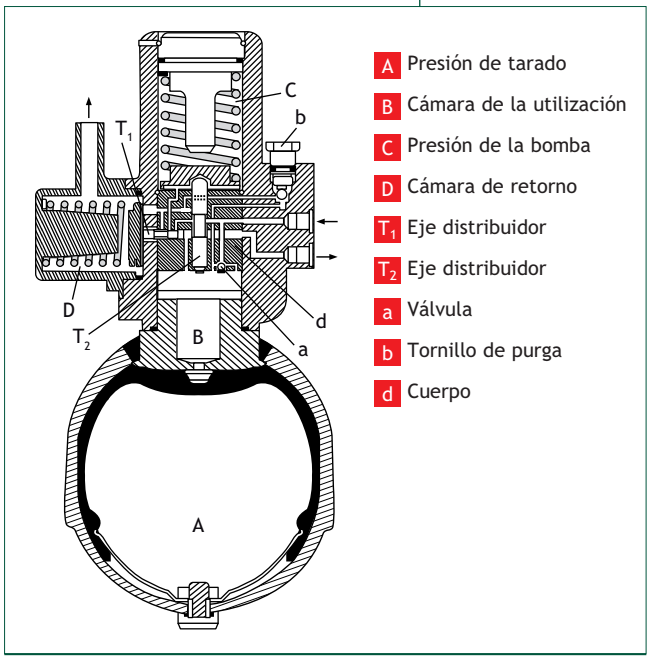
Cuando el eje de la bomba gira media vuelta, el pistón se desplaza a lo largo de toda su carrera, por lo que en cada vuelta completa del eje se realiza un ciclo completo de admisión y expulsión del líquido.

El caudal de líquido suministrado por la bomba dependerá del número de émbolos, su cilindrada y el número de revoluciones de giro de la bomba.

Regulador de presión

El regulador de presión, también llamado conjuntor-disyuntor, constituye uno de los elementos principales del circuito. Este asegura una presión de trabajo regulada para garantizar el funcionamiento del sistema.

El regulador de presión está constituido por dos válvulas cuyos muelles van tarados a la presión de trabajo. Esta se debe situar entre los 145 bar, presión mínima necesaria, y los 170 bar, presión máxima que satura el volumen de almacenaje del acumulador.



9.7. Esquema interno del conjuntor-disyuntor.

Funcionamiento

El conjuntor-disyuntor trabaja en dos fases: la de disyunción y la de conjunción.

- **Fase de disyunción.** En esta fase, la presión es superior a 170 bar. En este momento la presión interna vence la fuerza de los muelles y cierra la alimentación de caudal. El caudal de líquido llega desde la bomba por la acción de la válvula y se deriva al depósito mientras la utilización queda aislada.
  Mientras se va consumiendo el líquido, el regulador permanece en esta posición hasta que disminuye a la presión mínima de tarado, aproximadamente 145 bar.
- **Fase de conjunción.** En la fase de conjunción, las cámaras A y B alcanzan una presión de 145 ± 5 bar. En este momento, el regulador cambia de posición. Se comunica la alimentación de la bomba con la utilización. La salida hacia el depósito queda cerrada.

La presión interna aumenta hasta una presión máxima aproximada de 170 bar, momento en el que se produce la disyunción.

Técnica

Reglaje de las presiones de trabajo

•• En caso de que el tarado del conjuntor-disyuntor no sea el correcto, se debe acudir al reglaje de los muelles del conjuntor y del disyuntor con arandelas.

Las arandelas de reglaje del disyuntor son de 0,3 mm, lo que hace variar la presión aproximadamente 3 bares. En cambio, las arandelas del conjuntor son de 0,7 mm, es decir, aproximadamente 0,7 bar.

Acumulador principal

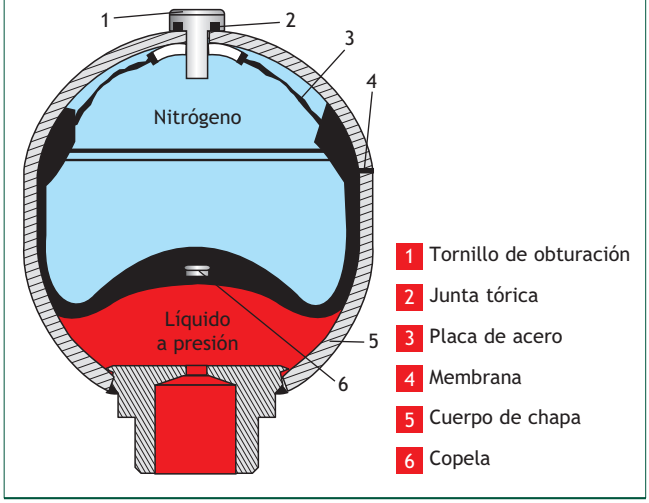
El acumulador principal es una reserva de líquido hidráulico a presión. Consiste en una esfera adicional cuya misión es la de suministrar líquido hidráulico rápidamente cuando exista una demanda por el circuito.

Permite mejorar la elasticidad de funcionamiento del circuito, ya que asume los choques hidráulicos de la utilización. Además, descarga de trabajo a la bomba, permitiéndole márgenes de reposo y evitando fases frecuentes de conjunción y de disyunción.

Constitución

La esfera consiste en una chapa embutida de forma esférica de aproximadamente 400 cm^3 que va soldada a su base. En su interior aloja una membrana que divide la esfera en dos partes. Una parte está llena de gas nitrógeno a alta presión, y la otra, unida a la salida del conjuntor-disyuntor, recibe el líquido a presión.

La membrana va fijada a la pared de la esfera y a una placa de amarre. Esta lleva una copela de plástico cuya misión es separar el nitrógeno del aceite.



9.8. Acumulador principal.

Válvula de seguridad

La misión de la válvula de seguridad es la dar de preferencia a la alimentación de los órganos que incidan en la seguridad del vehículo.

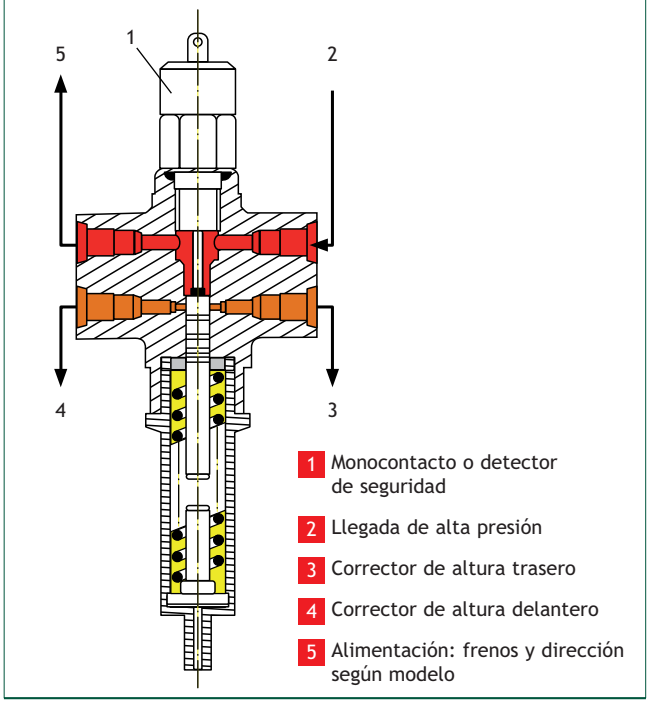
Esto quiere decir que en caso de avería la válvula daría preferencia a los frenos o a la dirección antes que a la suspensión.

Se encarga de aislar en caso de fallo a los circuitos de suspensión delantero y trasero de la fuente de presión. La alimentación del circuito A tiene prioridad ante los correctores de altura de la suspensión.

Cuando hay presión suficiente para vencer el muelle de la válvula, el eje de esta se desplaza y deja libres las canalizaciones de alimentación de los correctores de altura y, por tanto, de la suspensión.

Según sea la válvula esta puede llevar:

– **Un detector o contactor** accionado por el eje de la válvula cuando se encuentra en posición de reposo, que permite el encendido de un testigo luminoso en el cuadro de instrumentos.
– **Un manocontacto** de presión que, con una presión inferior a la de conjunción, permite el encendido de un testigo luminoso en el cuadro.

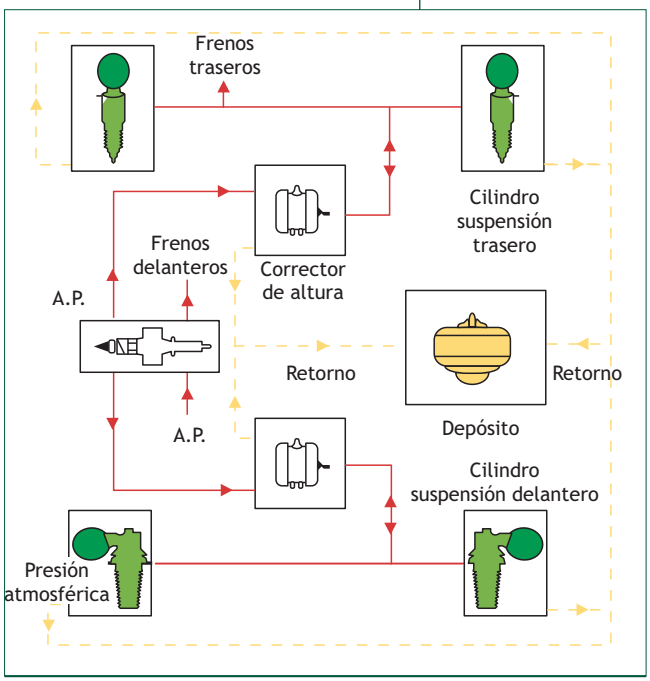


9.9. Válvula de seguridad.

Técnica

Comprobación del funcionamiento de la válvula de seguridad

•• Dejar el motor en marcha con el mando de alturas en posición alta hasta la disyunción. Parar el motor cuando comience la disyunción y abrir el tornillo de purga del conjuntor-disyuntor. Tras esto, el vehículo no debe disminuir de altura.



9.10. Circuito de suspensión hidroneumática.

9.11. Esfera de suspensión montada en el bloque de suspensión.

1.3 > Circuito hidráulico de la suspensión

El circuito hidráulico de la suspensión se compone de seis bloques hidráulicos:

– Uno por cada rueda, formado por un cilindro, un amortiguador y una esfera de suspensión.
– Dos correctores de altura, uno para el eje delantero y otro para el eje trasero.

Esfera de suspensión

Las esferas de la suspensión son bloques neumáticos, similares al acumulador principal, que cumplen la misión del muelle.

En su interior se encuentra el nitrógeno a la presión de tarado que constituye el elemento elástico de la suspensión. La presión de tarado y el volumen de la esfera dependen de:

– La temperatura máxima de funcionamiento.
– El desplazamiento del pistón en ambos sentidos.
– La masa soportada por cada eje y el confort.

La presión de tarado de las esferas es idéntica en el mismo eje, pero distinta entre la parte delantera y la trasera debido a las diferencias de carga a soportar.

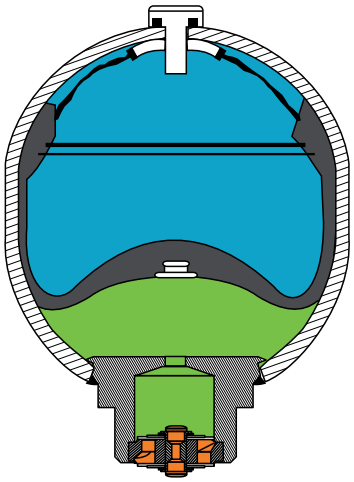
Amortiguador

Los amortiguadores de la suspensión hidroneumática aprovechan el circuito hidráulico para desarrollar su función. Esto se consigue frenando el paso del líquido entre el cilindro y la esfera.

El amortiguador es de doble efecto y va insertado en el inferior de la esfera. Está constituido por una arandela de acero sintetizado en cuya periferia se han efectuado unos orificios. Unas válvulas deformables en forma de laminillas obturan el paso de aceite por los orificios.

El amortiguador dispone del número de láminas correspondiente a la carga estudiada para cada eje. Por ejemplo, el eje delantero puede montar un amortiguador con tres láminas para la compresión y tres para la extensión, y el amortiguador, cinco para la compresión y cinco para la extensión.

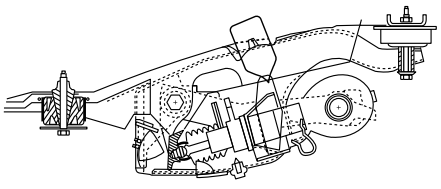
En los modelos más recientes se utilizan amortiguadores disimétricos. Estos montan distinto número de láminas para la compresión y para la extensión.



9.12. Amortiguador insertado en la esfera.

Cilindro

El cilindro es el encargado de transmitir los movimientos de las ruedas a través del brazo de suspensión al líquido hidráulico. El cilindro alberga el pistón, unido al vástago que se desliza por su interior, y el líquido a presión. Por su parte superior va unido a la esfera de la suspensión, a la que transmite la presión hidráulica.



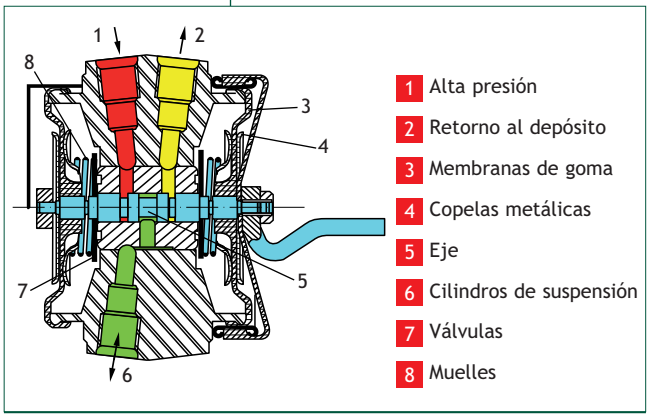
9.13. Cilindro trasero del Citroën Xantia.

Corrector de alturas

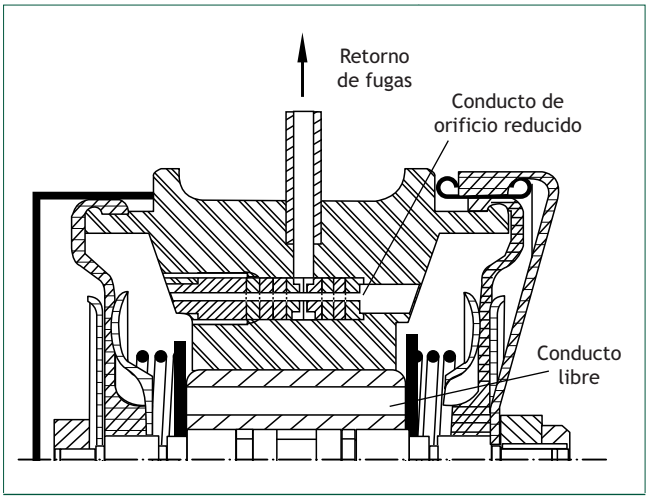
El corrector de alturas mantiene constante la altura del vehículo con respecto al suelo independientemente de la carga de que este disponga.

El corrector de alturas es una válvula distribuidora de tres vías con las siguientes posiciones:

– Utilización con admisión, comunica los cilindros de suspensión con la fuente de alta presión.
– Utilización con escape, comunica los cilindros de suspensión con el depósito.
– Utilización aislada de admisión y escape, distribuidor en posición neutra.



9.14. Corrector de alturas.



9.15. Eje en posición neutra.

Las cámaras C y D se cierran mediante membranas de goma, reforzadas por copelas metálicas. Estas cámaras están llenas de líquido procedente de las fugas que tienen lugar entre el eje y su camisa.

Un retorno de fugas de líquido hidráulico lleva el líquido sobrante al depósito.

Las cámaras C y D se comunican entre sí por dos conductos:

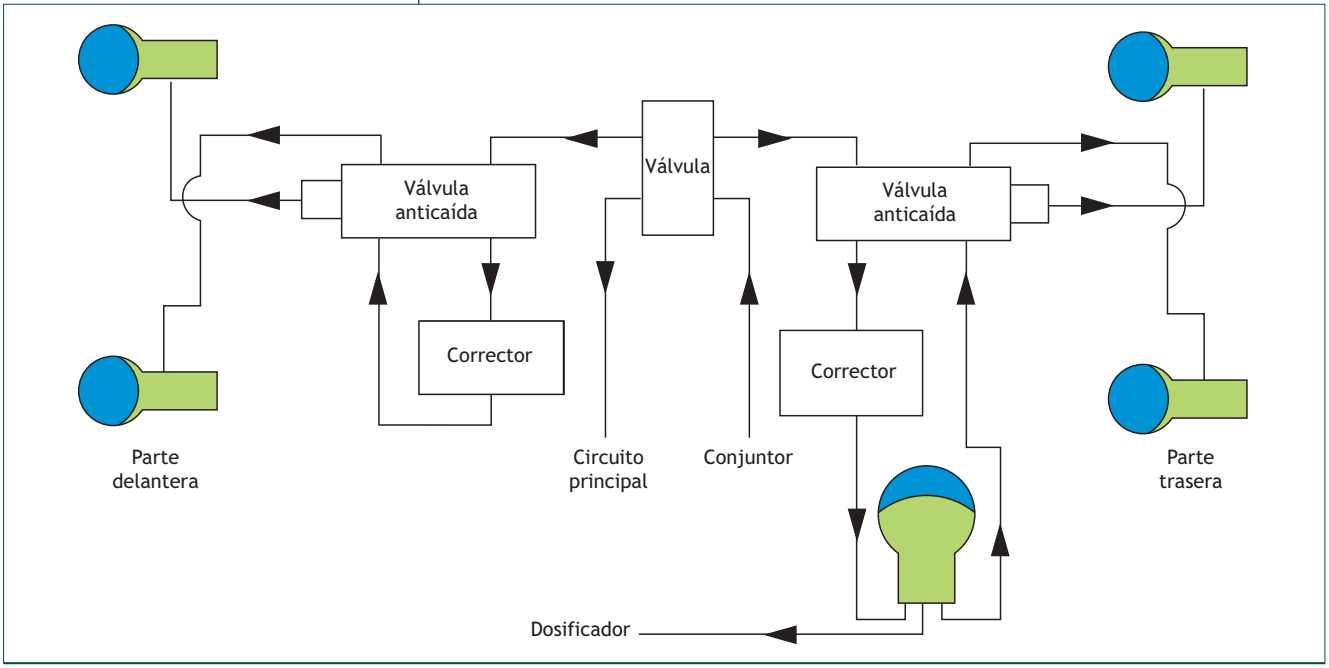
– Uno libre, cerrado por válvulas que se accionan por el desplazamiento del eje del corrector, que se encuentra entre la camisa del eje y sus extremos. En posición neutra, cada válvula queda bloqueada sobre una cara de la camisa por un muelle con un tarado bajo.
– Uno de orificio reducido *(dash-pot),* comunicado con el retorno de fugas, que limita el caudal de paso entre las cámaras C y D en ambos sentidos.

El vehículo monta dos correctores de altura, uno para cada eje, que están comandados por un sistema mecánico que regula automáticamente las alturas.

También dispone de un mando mecánico manual a disposición del conductor que actúa sobre los dos mandos automáticos.

Sistema anticaída

Los primeros modelos con suspensión hidroneumática, cuando estacionaban por un tiempo prolongado, perdían presión, ya sea por el corrector de alturas o por el dosificador de frenos, y la suspensión bajaba de altura.



9.16. Circuito de suspensión hidroneumática con válvula anticaída.

Por ello, se estudió un dispositivo anticaída que permitiera aislar el circuito de suspensión con el circuito hidráulico principal cuando el vehículo se encontraba estacionado. De esta forma, cuando el circuito principal tiene una presión por debajo de la necesaria en la suspensión, queda aislado y si, por el contrario, la presión del circuito principal es superior se establece comunicación entre ambos circuitos.

Válvula anticaída

La válvula anticaída es una válvula de cinco vías y dos posiciones, aunque en su funcionamiento se comporta como una de cuatro vías.

En la primera posición, la válvula está en reposo y se cierra la comunicación entre el corrector de altura y los cilindros de suspensión. En el eje trasero, se aísla el dosificador de frenos, ya que tiene su toma de presión por el corrector de altura.

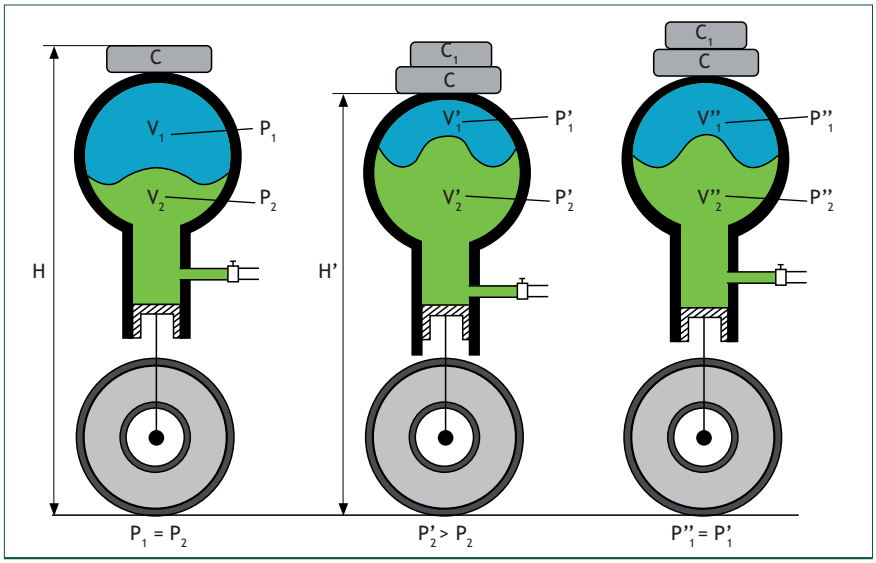
En la segunda posición, alimentación, deja pasar líquido a alta presión desde la válvula de seguridad hasta el corrector de altura. Desde allí, el líquido vuelve a pasar por la válvula hacia la suspensión (lado derecho e izquierdo).

La parada del motor del vehículo no provoca un cierre inmediato de la válvula anticaída. El cierre no se realiza hasta que la presión disminuye por debajo de la presión de tarado del muelle del émbolo.

1.4 > Funcionamiento de la suspensión

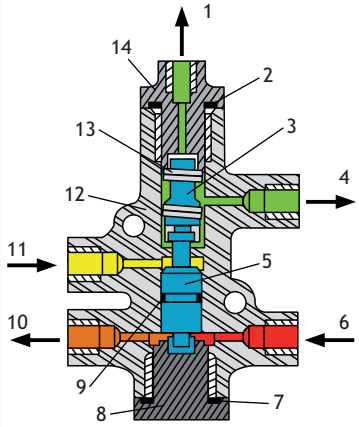
La suspensión está basada en una masa de gas a presión confinada en la parte superior del acumulador y separada de un aceite hidráulico por medio de una membrana.

El nitrógeno a presión, encerrado en la cámara superior de la esfera metálica, es el elemento elástico de la suspensión mientras que el aceite hidráulico es el encargado de transmitir los movimientos del eje entre el pistón y la masa de gas.



9.18. Volumen y presión en función de la carga.

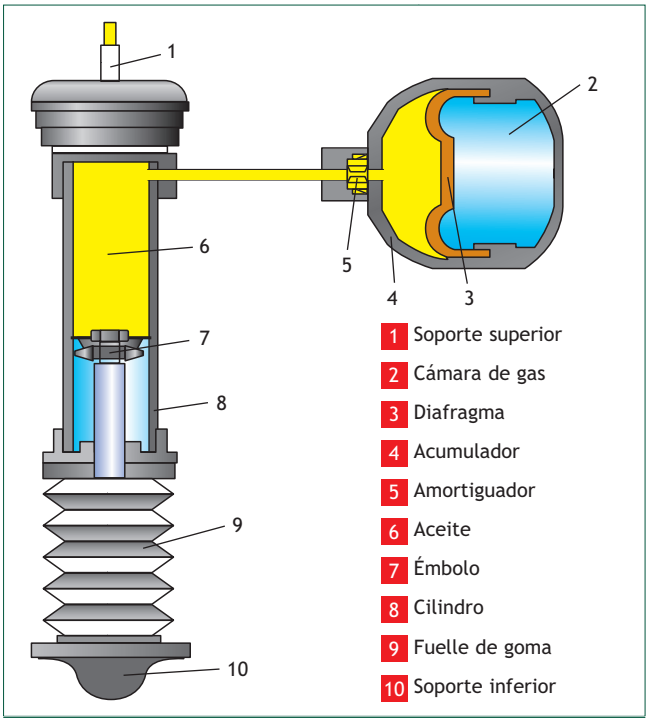
1 Suspensión
2 Junta
3 Émbolo de válvula
4 Suspensión (Ps)
5 Pistón de válvula
6 Válvula de prioridad (AP)
7 Junta
8 Tope de eje
9 Junta
10 Corrector de altura (AP)
11 Corrector de altura (Pu)
12 Cuerpo
13 Muelle
14 Tope de eje



9.17. Válvula anticaída.

Presión de las esferas

La presión de las esferas es la misma en los bloques de suspensión de un mismo eje y diferente entre la parte delantera y trasera del vehículo.



9.19. Bloque de suspensión.

La masa del gas nitrógeno contenido en la esfera no varía, por lo que, la flexibilidad del muelle neumático es proporcional a su presión y a su volumen.

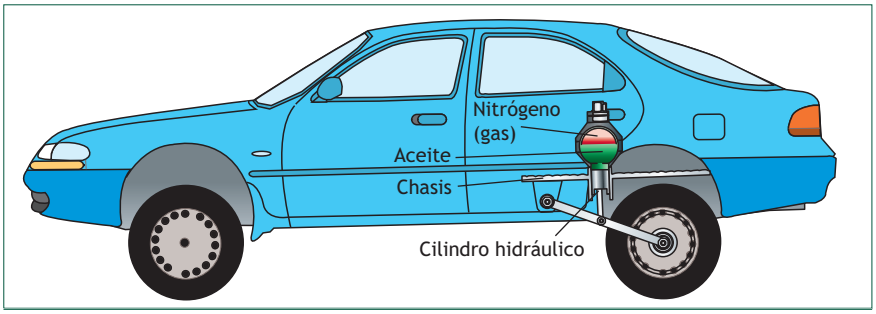
El vehículo descansa sobre cuatro bloques de suspensión, uno por rueda, compuestos por una esfera y un cilindro.

La rueda se une a la carrocería a través del brazo de suspensión. Un pistón móvil, ligado al brazo de la suspensión, se desplaza por el interior del cilindro que comprime el líquido. El líquido, a su vez, comprime el gas encerrado en la esfera por medio de una membrana.

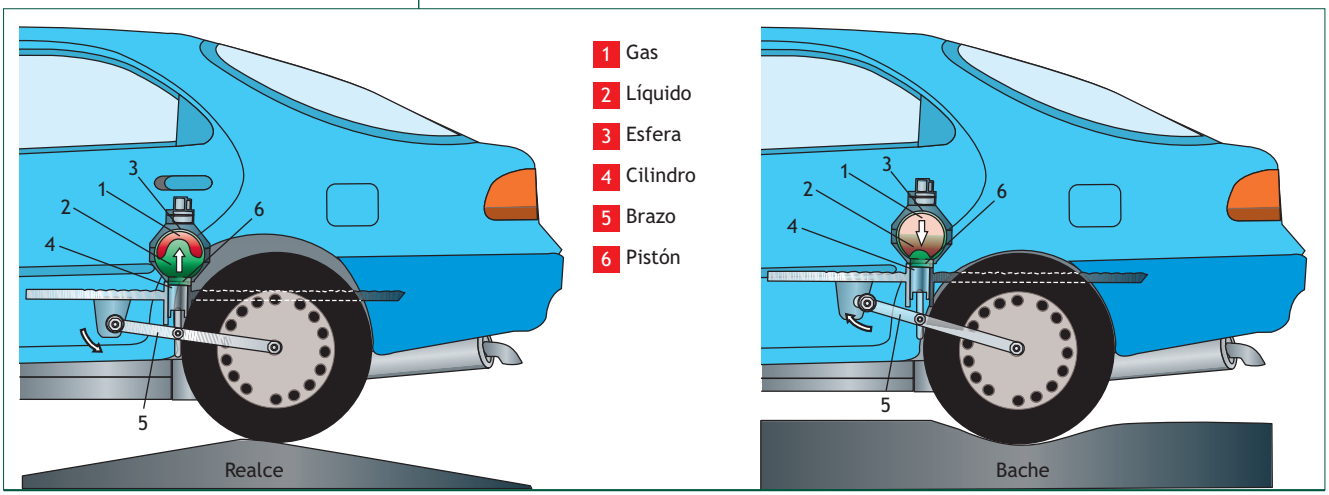
Cuando existe un realce sobre el terreno, el líquido hidráulico que contiene el cilindro es impulsado por el pistón hacia la esfera y comprime el gas.

En caso de encontrar un bache durante la conducción, el gas contenido en la esfera a presión se expande y el líquido pasa de la esfera al cilindro de suspensión.

Cuando la suspensión supera un obstáculo, la presión adquiere un valor de equilibrio y el pistón del bloque de suspensión vuelve a su posición inicial.



9.20. Configuración de la suspensión en el eje trasero.

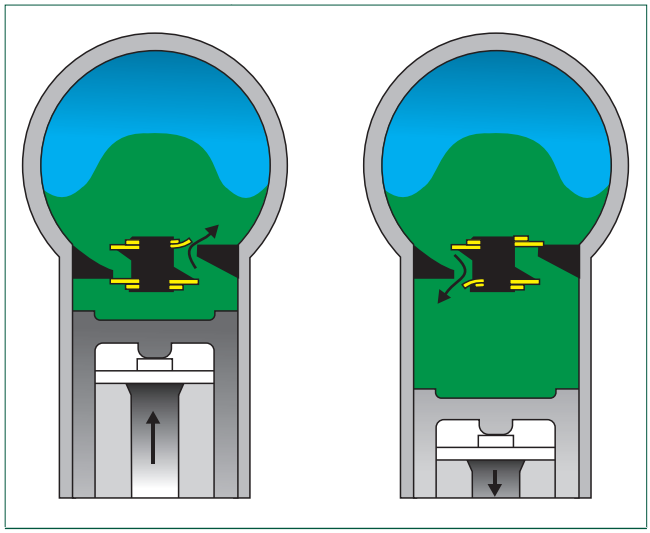


9.21. Comportamiento de la suspensión.

En la suspensión hidroneumática, el amortiguamiento de la suspensión se realiza por medio de una válvula situada en el inferior de la esfera.

Cuando se produce un desplazamiento vertical de la rueda, el pistón desplaza el aceite, obligándolo a pasar a través de los orificios calibrados de la válvula, cuyo estrechamiento produce la pérdida de carga, realizándose así la amortiguación a bajas velocidades.

Cuando aumenta la velocidad de movimiento de la rueda, se incrementa la diferencia de presiones entre los dos lados de la válvula. Cuando la diferencia aumenta por encima de un determinado valor, se consigue desplazar una válvula de láminas y se abre un nuevo conducto para el paso del aceite, momento en el que el amortiguador funciona con dos conductos de paso de aceite y, por lo tanto, con un funcionamiento más suave de gran flexibilidad.



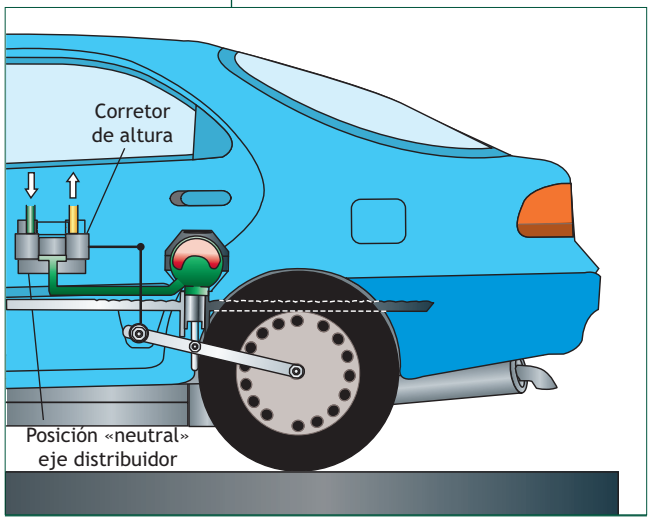
9.22. Funcionamiento del amortiguador.

El efecto de frenado así obtenido en el desplazamiento del líquido es tanto más fuerte cuanto más brusco es el movimiento de la rueda que lo provoca.

1.5 > Regulación de alturas

La suspensión hidráulica permite obtener una gran flexibilidad y una altura constante, cualquiera que sea la carga del vehículo. Un mando automático (corrector de alturas) varía el volumen del líquido para mantener constante la altura del vehículo con respecto al suelo en caso de que se modifique la carga.

También permite, a voluntad del conductor, variar manualmente la altura en cuatro posiciones: baja, normal-carretera, intermedia o alta.



9.23. Regulación de alturas.

Regulación automática

La regulación automática de altura se realiza a través del corrector de altura por medio de una varilla flexible unida a la barra estabilizadora.

La barra estabilizadora está unida a los brazos de las ruedas de un mismo eje, por lo que, cuando uno de los brazos gira, en el otro se produce también rotación.

Cuando la carrocería se encuentra en la altura normal de marcha, la varilla no es sometida a ningún esfuerzo, por lo que el corrector se mantiene en posición neutra.

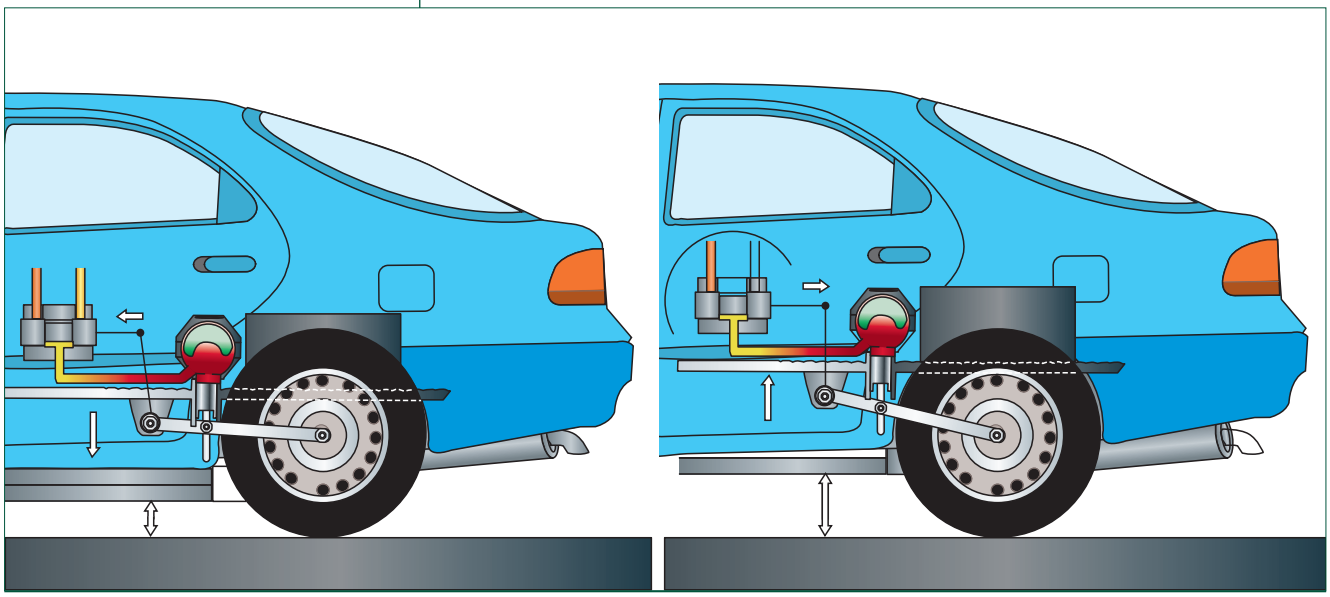
Si el vehículo se somete a carga, la carrocería baja provocando la rotación de la barra estabilizadora. Esta transmite a su vez el movimiento de torsión a la varilla de mando que actúa sobre el corrector. En este momento, se comunica la admisión de la alta presión con los bloques de suspensión, aumentando su volumen de líquido, por lo que la carrocería se realza.

Corrección de altura durante la marcha

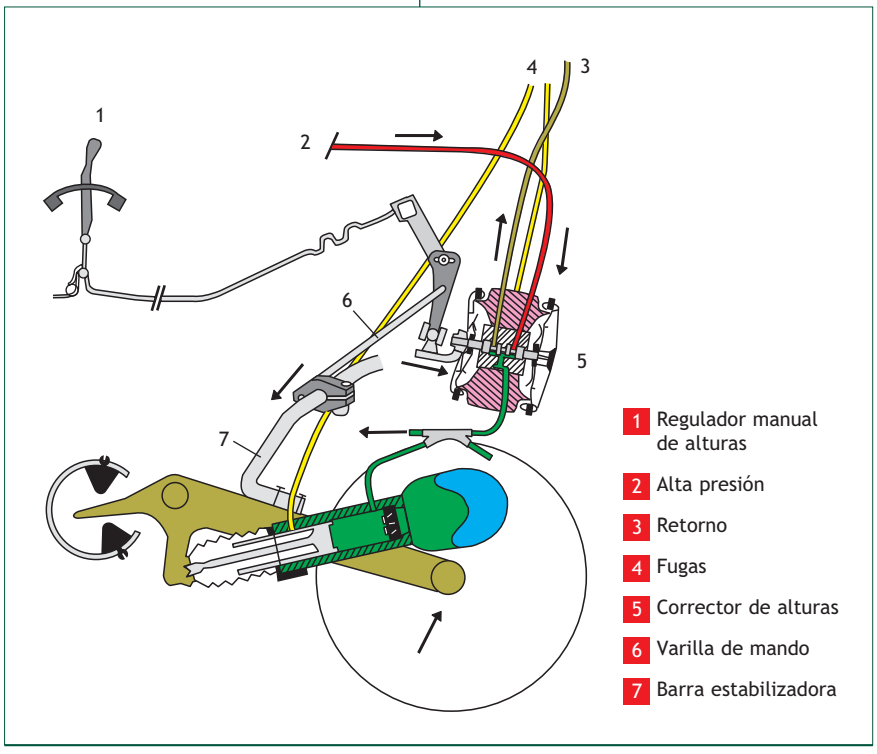
Cuando se realiza un movimiento rápido de la suspensión, el sistema de corrección no funciona. Esto es debido a que los esfuerzos de torsión de la barra estabilizadora son absorbidos por la varilla de mando.

Este movimiento produce una rotación inversa de la barra estabilizadora, por lo que el esfuerzo de la varilla se anula y el eje distribuidor del corrector retorna a su posición neutra cuando la carrocería alcanza la altura normal.

En caso de una descarga del vehículo, el funcionamiento es similar, pero los esfuerzos sobre el eje del corrector se realizan a la inversa.



9.24. Incremento de la carga sobre la carrocería y regulación de altura.



9.25. Regulador manual de altura.

Regulación manual

Esta se realiza actuando sobre el selector manual que transmite el movimiento al eje de la válvula distribuidora. Para disminuir la altura de la carrocería, en la válvula se conecta la utilización con el escape, descargándose el circuito de líquido hacia el depósito.

Si por el contrario lo que se quiere es que aumente la altura de la carrocería, se conecta la admisión con la utilización, lo que provoca la entrada de líquido hidráulico desde la bomba al circuito.

La variación de altura provoca la rotación de la barra estabilizadora, que por medio de la varilla de mando devuelve al eje del distribuidor la posición de equilibrio (posición neutra).

Técnica

Intervención en el circuito hidráulico

Verificación

Controlar el libre funcionamiento de los mandos y articulaciones mecánicos de los órganos afectados.

Para controlar que el circuito de alta presión (AP) está en carga:

- Hacer funcionar el motor a ralentí.
- Desenroscar una vuelta del tornillo de expansión del conjuntor-disyuntor (un sonido de fuga de aire).
- Apretar el tornillo de purga.

El conjuntor-disyuntor pasa a fase disyunción, motivando una disminución del ruido de funcionamiento. En caso contrario se debe comprobar el nivel del líquido del depósito, el cebado de la bomba de alta presión, la falta de toma de aire en el circuito de aspiración de la bomba, la limpieza del filtro del depósito, el montaje de la bola situada debajo del tornillo de expansión y el apriete correcto del tornillo de expansión.

Vaciado del circuito

Para realizar el vaciado del circuito, este se debe dejar sin presión y el motor debe estar en funcionamiento para accionar las válvulas anticaída.

- Colocar el mando de regulación de altura en la posición más baja con el fin de vaciar los elementos de suspensión hasta la caída completa del vehículo, momento en el que se parará el motor.
- Aflojar el tornillo de purga del conjuntor-disyuntor para extraer el líquido con un equipo de aspiración y mandarlo al depósito (figura 9.26).

Llenado del circuito

Llenar con la cantidad de líquido hidráulico determinada por el fabricante. Para eliminar las posibles burbujas de aire, cebar la bomba de la forma siguiente:

- Abrir el tornillo de purga del conjuntor-disyuntor.
- Llenar la bomba de líquido por el tubo de aspiración y poner el vehículo en marcha.
- Unir el tubo de aspiración cuando la bomba esté cebada.
- Cuando se reciba aceite por los retornos, apretar el tornillo de purga.

Seleccionar en el regulador de altura la posición alta del vehículo y comprobar el nivel en el depósito hasta que el indicador de nivel quede entre los valores máximo y mínimo.

9.26. Apertura del tornillo de purga.

9.27. Apertura de tapón de llenado en el depósito y comprobación visual del nivel en el indicador.

2 >> Suspensión hidractiva

Una suspensión debe ser capaz de tener en cuenta las condiciones de rodaje y el modo de conducción para asegurar en todo momento el confort y la seguridad activa del vehículo.

La unión de hidráulica y electrónica, introducidas en la configuración de la suspensión del vehículo, permiten cumplir estas solicitaciones de manera satisfactoria.

> **El sistema de suspensión hidractiva es capaz de variar la flexibilidad y la amortiguación de la suspensión, evitando parcial o totalmente el balanceo dinámico producido por una suspensión tradicional.**

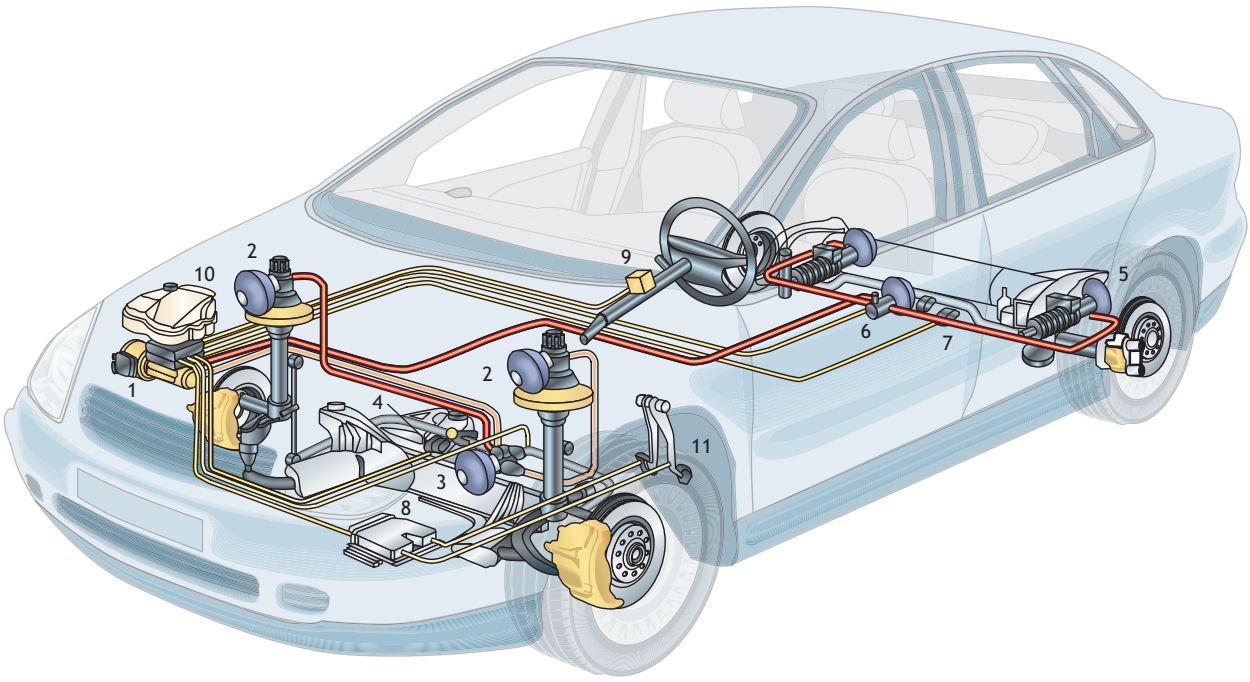
La suspensión hidractiva trabaja teniendo en cuenta dos estados o regímenes:

– Un régimen elástico que asegura el confort y la conducción agradable. La suspensión posee una gran flexibilidad y un pequeño valor de amortiguación para aislar a los pasajeros de los golpes y vibraciones originados por el terreno.
– Un régimen firme, que garantiza un buen comportamiento en carretera y en consecuencia la seguridad activa. En este caso, la suspensión tiene una menor flexibilidad y un fuerte valor de amortiguación que disminuyen los efectos de balanceo, cabeceo y trepidación en terrenos irregulares.

2.1 > Estados de funcionamiento

Además de utilizar los elementos hidráulicos de la suspensión hidroneumática, la suspensión hidractiva incorpora por cada eje un volumen de gas

1 Unidad electrohidráulica
2 Muelle de neumático
3 Muelle para variación de flexibilidad
4 Indicador de altura del eje delantero
5 Muelles de neumáticos traseros
6 Muelle para variación de flexibilidad
7 Indicador de altura del eje trasero
8 Centralita de control
9 Indicador de ángulo del volante
10 Depósito de líquido a presión
11 Pedales de acelerador y freno
Circuito eléctrico
Circuito hidráulico



9.28. Suspensión hidractiva en el Citroën C5.

adicional (esfera) y un dispositivo hidráulico (regulador de rigidez) que incorpora dos amortiguadores adicionales. Con esto se consigue obtener los dos estados hidráulicos: mullido y firme.

Estado mullido

En el estado de mullido, el regulador de rigidez permite la circulación del líquido hidráulico entre los elementos de suspensión de un mismo eje.

El comportamiento de la suspensión en este estado tiene las siguientes características:

– **Alta flexibilidad.** Las irregularidades del terreno son absorbidas por los elementos elásticos del eje.
– **Amortiguación suave.** El líquido hidráulico encuentra una cierta libertad en sus movimientos entre los elementos de la suspensión.
– **Antibalanceo suave.** El líquido puede desplazarse, a través de los amortiguadores centrales, del elemento de suspensión de una rueda a la del lado contrario, quedando el efecto antibalanceo determinado fundamentalmente por la barra estabilizadora que equipa dicho eje.

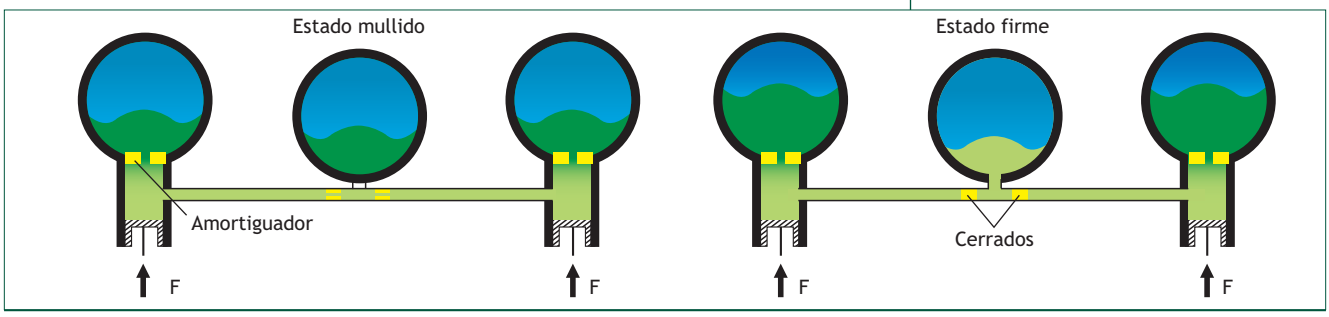
Estado firme

En el estado firme, el regulador de rigidez impide los movimientos del líquido hidráulico entre los elementos de suspensión de un mismo eje.

El comportamiento de la suspensión en este estado tiene las siguientes características:

– **Baja flexibilidad.** Las irregularidades solo son absorbidas en cada rueda por la esfera correspondiente.
– **Amortiguación firme.** El líquido hidráulico tiene un paso muy reducido para sus movimiento a través de un solo amortiguador en cada cilindro de suspensión.
– **Antibalanceo firme.** El trasvase de líquido de un cilindro de suspensión hacia el otro del mismo eje está totalmente impedido, con lo que el efecto de barra estabilizadora queda reforzado.

Los dos estados hidráulicos se obtienen por un accionamiento hidráulico sobre el regulador de rigidez. El cambio de estado es comandado por el calculador que, informado de las condiciones de funcionamiento por los captadores, actúa sobre los distintos componentes.



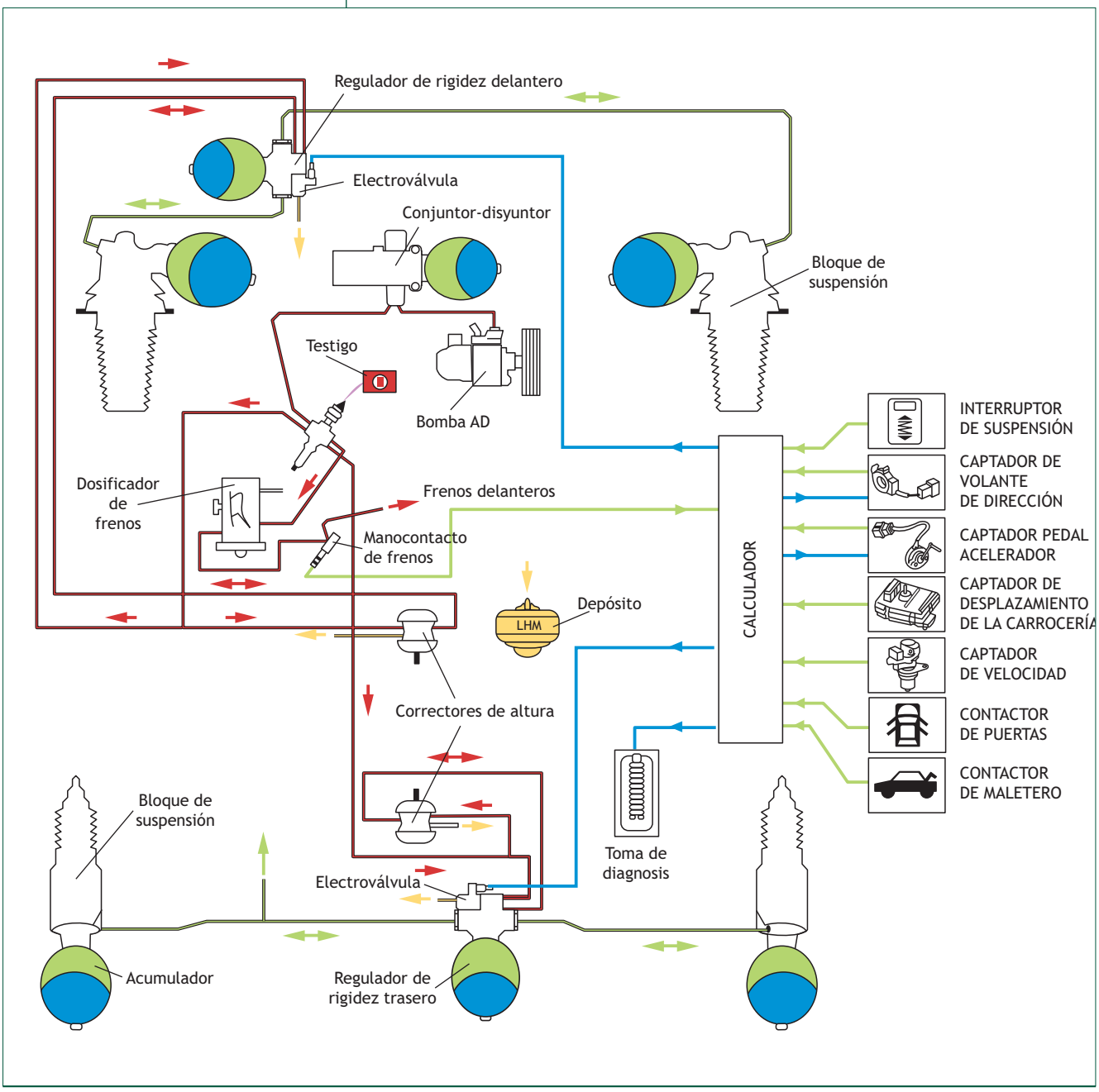
9.29. Estados de rigidez.

2.2 › Componentes de la suspensión hidractiva

La suspensión hidroneumática y posteriormente hidractiva ha tenido distintas evoluciones en las que ha incorporado numerosos elementos tanto hidráulicos como electrónicos.

Estos nuevos elementos han permitido gestionar la suspensión de manera más rápida y efectiva.

En el esquema de funcionamiento adjunto se pueden ver los principales elementos hidráulicos y eléctricos utilizados en la suspensión hidractiva.



9.30. Esquema de funcionamiento de la suspensión hidractiva.

Componentes hidráulicos

La suspensión hidractiva incorpora a los ya conocidos componentes hidráulicos de la suspensión hidroneumática principalmente dos elementos: la electroválvula del regulador y el regulador de rigidez.

Electroválvula del regulador

La electroválvula del regulador permite accionar electrohidráulicamente el regulador de rigidez según las distintas informaciones gestionadas por la unidad de control.

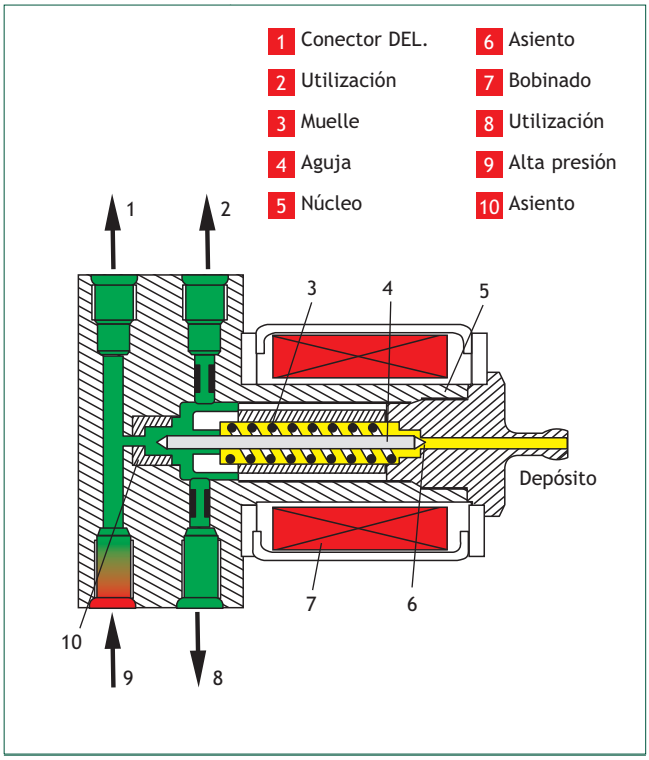
Regulador de rigidez

Los reguladores de rigidez permiten modificar los estados físicos de la suspensión según la excitación de la electroválvula.

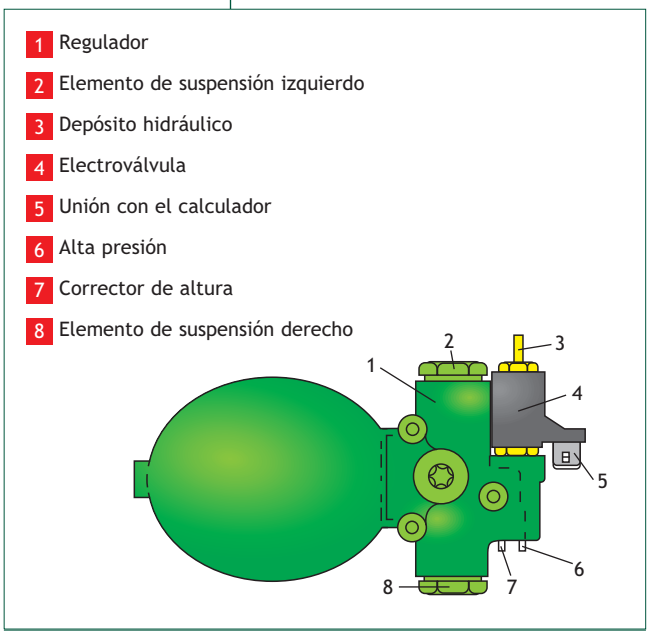
La suspensión hidractiva incorpora dos reguladores de rigidez, uno para el eje delantero y otro para el eje trasero, interpuestos entre los bloques de suspensión.

Cuando se alimenta la electroválvula, el regulador deja pasar la alta presión desde las esferas de la suspensión hacia la esfera adicional. Con esto se consigue un mayor volumen de gas, por lo que la suspensión se hace más blanda. A su vez, el líquido debe pasar por cuatro amortiguadores, por lo que la suspensión es más suave.

Cuando la electroválvula deja de ser alimentada, la esfera adicional queda aislada. No existe comunicación entre los bloques de suspensión derecho e izquierdo de un mismo eje, por lo que la ausencia de paso de líquido entre estos garantiza un efecto antibalanceo. La suspensión y la amortiguación se hacen más rígidas al existir menor volumen de gas y mayor paso de líquido por los amortiguadores.



9.31. Constitución de la electroválvula.



9.32. Regulador de rigidez y electroválvula.

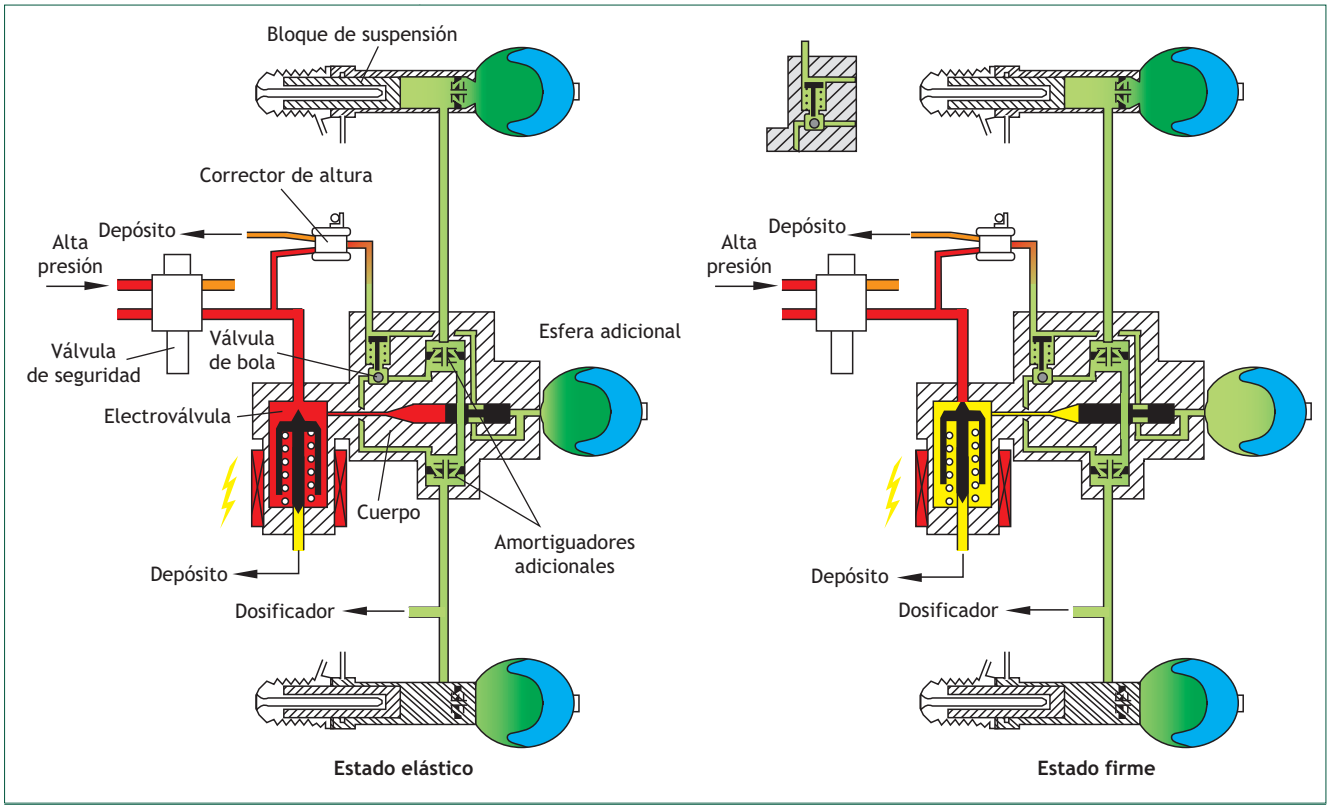
Componentes eléctricos

La gestión de la suspensión se realiza por medio de un calculador y distintos sensores eléctricos. Los componentes eléctricos utilizados por la suspensión hidractiva son:

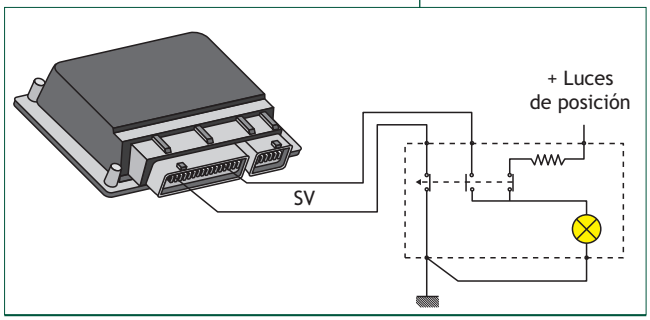
Calculador

El calculador o unidad de control es el encargado de gestionar las señales de entrada de los captadores: presión, velocidad, etc. con el fin de comandar las electroválvulas de los reguladores de rigidez.

Se encarga de decidir cuándo conmutar las electroválvulas para que la suspensión cambie de estado: firme o elástico.



9.33. Funcionamiento de la regulación de dureza y amortiguación.



9.34. Interruptor de mando. AUTO-SPORT.

Interruptor de mando SPORT

El conductor puede elegir entre el modo automático AUTO y el modo SPORT por medio de este interruptor.

En posición cerrado, el interruptor queda conmutado con masa y la suspensión funciona de un modo automático. En posición abierto, la conexión queda interrumpida. Se ilumina en el salpicadero la lámpara de SPORT y la suspensión se comporta según los parámetros establecidos por la unidad de control para el modo SPORT.

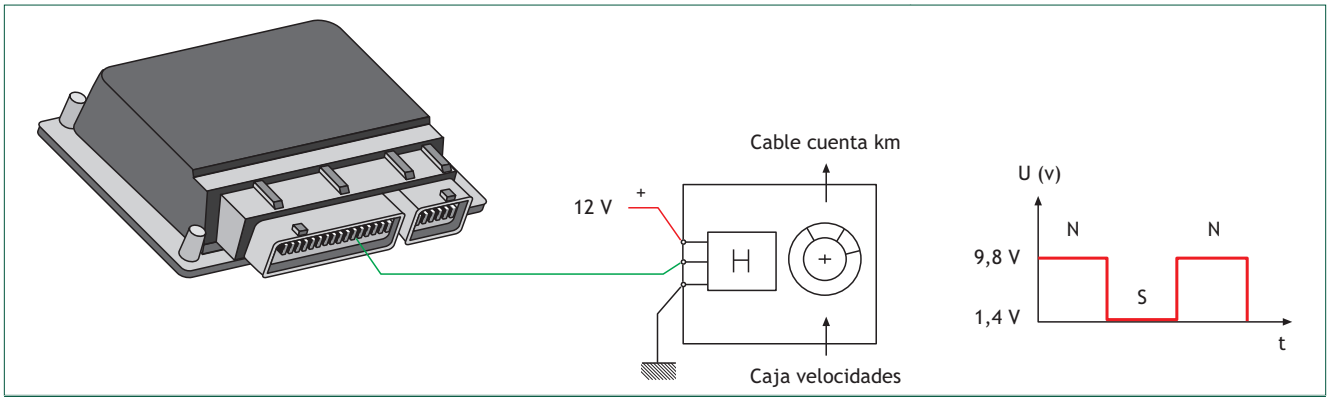
Captador de velocidad

El captador de velocidad es un captador de efecto hall capaz de suministrar una señal eléctrica proporcional a la velocidad de giro del árbol secundario de la caja de cambios.

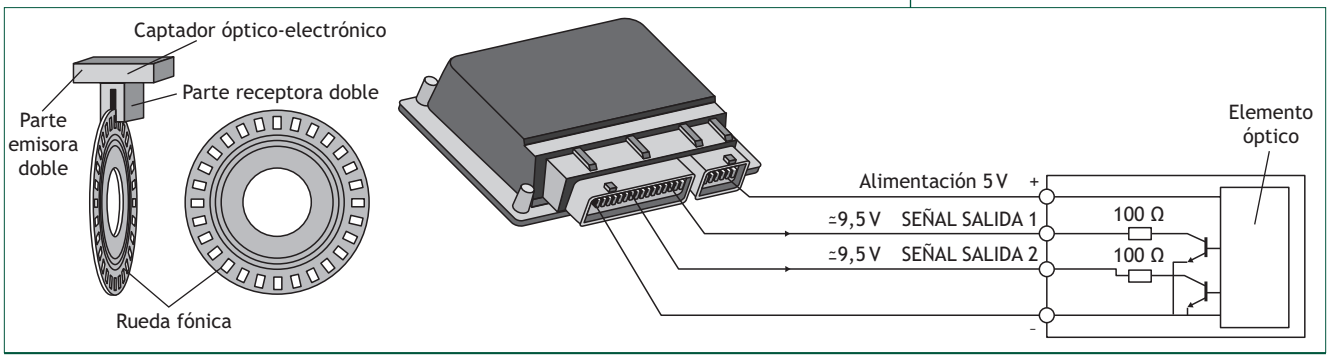
El captador proporciona señales cuadradas, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del vehículo. Para determinar la velocidad basta con saber el número de señales por segundo en un espacio determinado.

Captador volante de dirección

El captador de volante de la dirección es un captador óptico-electrónico doble. Es decir, está compuesto por dos emisores de luz, dos receptores y una rueda fónica con ventanas.



9.35. Captador de velocidad del vehículo.



9.36. Captador de volante de dirección.

El captador, mediante su señal, permite definir el ángulo del volante y su velocidad de rotación.

Captador de desplazamiento de la carrocería

El captador de desplazamiento de la carrocería define los desplazamientos de la suspensión y la altura media de la carrocería. Consta de un captador óptico-electrónico doble cuyo funcionamiento es similar al del volante de la dirección.

Consta de una corona fónica unida por un sistema de bieletas a la barra estabilizadora delantera. La rotación de la barra hace girar la corona. La señal es producida por el elemento óptico al paso de la corona.

El calculador toma en cuenta la amplitud y la velocidad de desplazamiento para evitar el apoyo brusco de la carrocería en la suspensión o la pérdida de estabilidad por una elevación irregular del firme.

Captador de recorrido del pedal del acelerador

El captador de recorrido del pedal del acelerador consiste en una resistencia variable o potenciómetro que se acciona por el pedal del acelerador mediante la variación de la tensión de entrada, permitiendo al calculador conocer la posición del pedal.

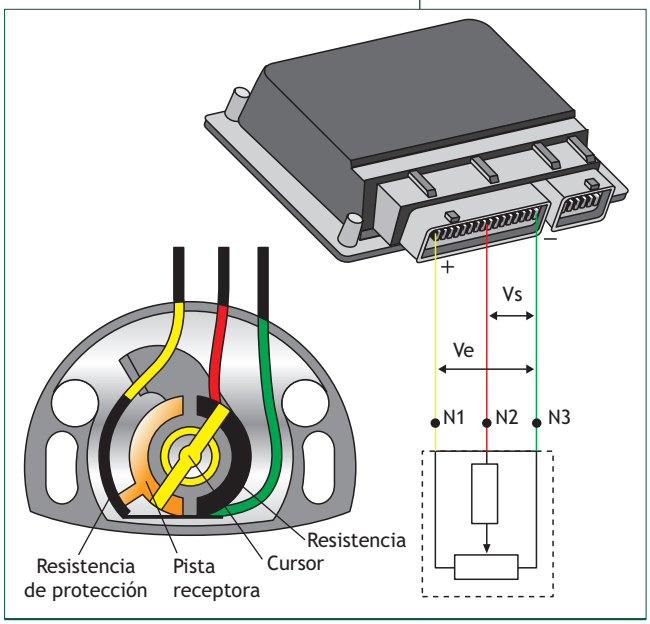
El calculador tiene en cuenta las variaciones bruscas del pedal del acelerador para pasar a un estado firme. Con un recorrido entre el 10 y el 30% el

captador entiende que el pie está levantado, mientras que con un porcentaje comprendido entre el 70 y el 90% considera que el pedal está pisado a fondo.

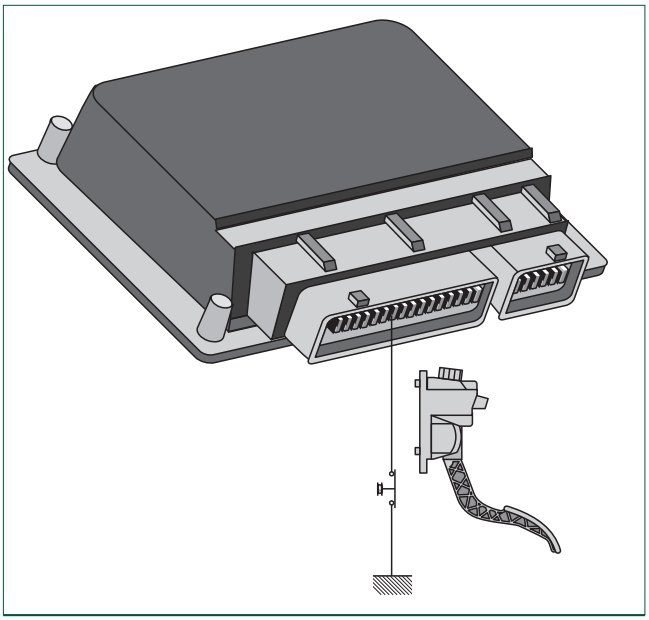
Captador de presión de frenos

El captador de presión de frenos consiste en un interruptor o manocontacto que informa a la unidad de control de una presión de frenos superior a la memorizada.

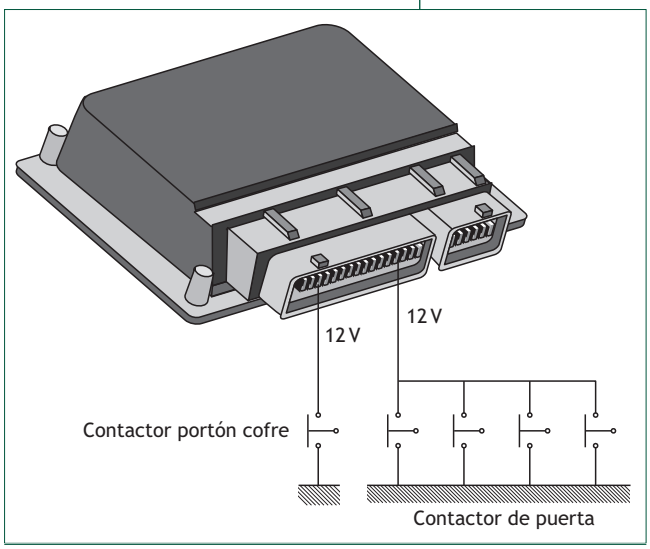
Cuando la presión de frenos es inferior a 35 bar, se encuentra en estado abierto (señal de masa), mientras que con una presión superior pasa a un estado cerrado (5 V).



9.37. Captador de recorrido del pedal acelerador.



9.38. Captador de freno.



9.39. Contactores.

Interruptores de puerta y maletero

Son interruptores que conectan a masa el calculador. Equilibran las presiones en los circuitos mediante la alimentación del calculador cuando se efectúa la apertura o cierre del maletero. También se ocupa de temporizar la alimentación del calculador cuando estos se cierran.

2.3 > Mantenimiento y autodiagnosis de la suspensión hidractiva

El mantenimiento del circuito hidráulico de la suspensión se realiza de manera similar al de la suspensión hidroneumática. Sin embargo, los sistema electrónicos permiten realizar un autodiagnóstico de los componentes y de su funcionamiento.

En la suspensión hidractiva, si existe una avería en la activación de las electroválvulas debido a un conector desconectado o una tensión débil o inexistente, esta queda en un estado firme. En cambio, si existe un defecto en un elemento electrónico como los captadores, la suspensión queda en estado elástico.

Las averías producidas en el sistema de suspensión hidractiva se almacenan en la memoria no volátil EEPROM. Estas averías no se borran cuando se desconecta la batería, por lo que deben ser borradas mediante la actuación del sistema.

El control del sistema se puede realizar mediante el código de destellos o mediante la lectura en serie.

El código de destellos nos permite realizar la lectura y borrado de los códigos de averías. Por su parte, la lectura en serie con un equipo de diagnóstico permite:

– La lectura de averías fugaces y permanentes, así como su borrado.
– El análisis del funcionamiento de la suspensión.
– La realización de un test estático o dinámico del funcionamiento del sistema, verificando los parámetros de funcionamiento de las señales de entrada y salida y el accionamiento de los actuadores y testigos luminosos.
– La información de los parámetros del calculador y de su número de serie.

En el siguiente cuadro se analizan las averías de los componentes eléctricos y electrónicos más comunes, así como las distintas estrategias de detección.

Endurecimiento de la suspensión hidractiva

Si la suspensión se endurece sin razón aparente, se debe comprobar que existe una buena continuidad de los circuitos de alimentación y masa del calculador.

Función verificada	Código defecto de diagnóstico	Anomalía detectada	Estrategia de detección	Estrategia de emergencia
Alimentación	53	Tensión batería	U_b < 11 V durante 2 s U_b > 16 V durante 2 s	Suspensión firme
		Fuera de margen	Incoherencia mando EV < 10 ms durante el mando plena tensión de 500 ms	
Electroválvula	EV delantera: 31 EV trasera: 32		Incoherencia mando EV durante 500 ms	Suspensión firme
Calculador	54	Defecto programa o µp	Sistemas de seguridad interno	Reset µp suspensión firme si v > 40 km/h
		Defecto memoria EEPROM	Test check sum EEPROM + borrado EEPROM + test lectura/escritura	Función normal siempre que sea posible
		Línea diagnosis	Test emisión/recepción a la puesta bajo tensión del calculador	Emisión código defectos por testigo de alerta
		Fase de mando e las EV cortocircuitado o circuito abierto	Test status 1 Imput durante 2 s EV no accionada	Suspensión firme

Técnica

Control de la altura del vehículo

•• Antes de realizar la medición de la altura del vehículo se debe comprobar la presión de las ruedas. Las cotas de la altura del vehículo se miden en milímetros.

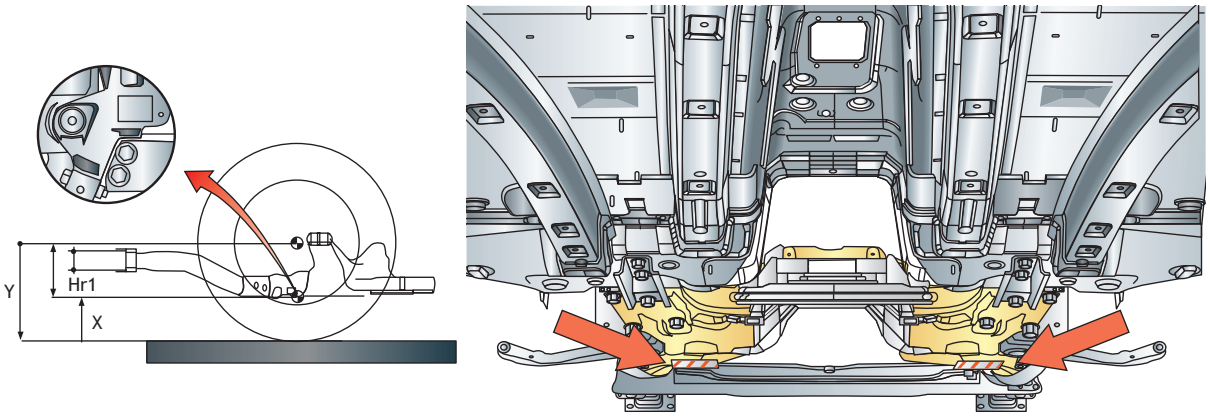
Para medir la altura, la situación del vehículo debe ser la siguiente:

- El motor debe estar en marcha.
- El freno de estacionamiento debe estar suelto
- La posición de carretera de la suspensión seleccionada.

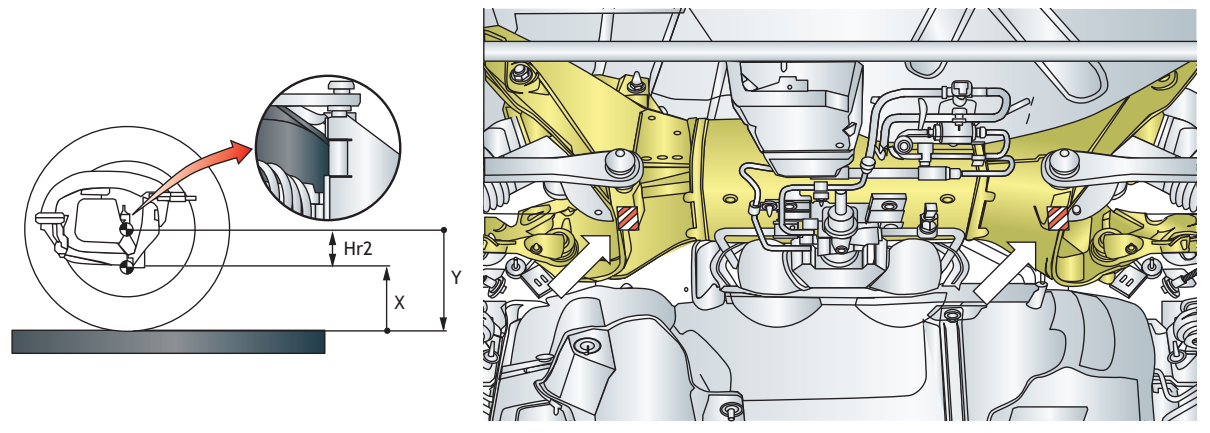
Se bacheará el vehículo a mano y se medirán las alturas. Los valores deberán corresponderse con los del fabricante del vehículo.

En el caso de la figura, la altura será igual a la resta del valor de X sobre el de Y.

$$H = Y - X$$



9.40. Control de alturas en el eje delantero.



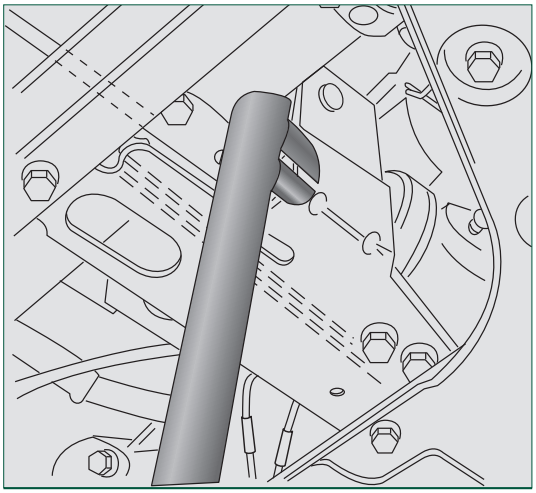
9.41. Control de altura del eje trasero.

Regulación de los mandos de altura

Para esta operación se deber tener el útil adecuado del fabricante. Se aflojan los soportes del corrector de tal manera que pueda ser manipulado.

Accionar el corrector con el útil para subir o bajar la carrocería, teniendo en cuenta las alturas dadas por el fabricante.

Una vez corregida la altura, reapretar los tornillos de fijación del corrector y quitar el útil de regulación.



9.42. Reglaje del mando de altura delantero.

2.4 > Evolución de la suspensión hidractiva

El último modelo de suspensión hidractiva, la llamada hidractiva 3+, se monta en el Citroën C6 (figura 9.43); como opción también se puede montar la amortiguación variable AMVAR y el control CCS de la dirección.

9.43. Regulación de altura de un vehículo con suspensión hidractiva.

Las funciones de este sistema son:

– Modificar la rigidez de las suspensiones (2 leyes de rigidez) en función de las condiciones de rodaje del vehículo.
– Preservar la altura estática de la carrocería, cualquiera que sea la carga.
– Modificar la altura de la carrocería, en función de las condiciones de rodaje o de la demanda del conductor.

La parte hidráulica de la hidractiva 3+ está formada por:

– Un fluido hidráulico (LDS Total).
– Un depósito de fluido hidráulico.
– Un bloque electrohidráulico integrado con el módulo de gestión (BHI).
– Un conjunto de racores hidráulicos.
– 7 esferas ovaladas (3 delanteras y 4 traseras).
– 2 reguladores de rigidez (uno delantero y otro trasero).

La hidractiva 3+ no dispone de conjuntor-disyuntor de válvula de seguridad ni de correctores de altura mecánicos. El bloque electrohidráulico es el encargado de realizar las funciones de estos componentes, y está formado por (figura 9.45):

– Un motor eléctrico para accionar la bomba hidráulica.
– Un acumulador principal.
– Dos electroválvulas de admisión y escape de la suspensión.
– El módulo de gestión de la hidractiva 3+ (BHI).

El circuito de frenos no emplea la presión de la suspensión hidroactiva 3+ para funcionar. El C6 dispone de un sistema de frenos con ABS/ESP normal.

La función del AMVAR

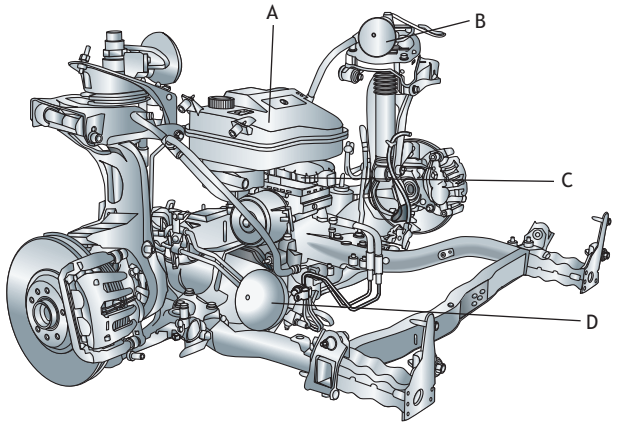
Al anticipar los fenómenos de balanceo y de cabeceo gracias a la instalación de diversos captadores (ángulo y velocidad del volante, aceleraciones lateral y longitudinal, captador de pedal de freno, par motor, etc.), el sistema demanda un incremento de la amortiguación para oponerse a los movimientos de rotación de la carrocería alrededor de sus ejes, permitiendo así una mayor progresividad en los movimientos de ésta.

A DEPÓSITO LDS. En el larguero DEL/D Por encima del BHI

B ESFERAS DEL. Por encima de las cabezas de los cil. de suspensión

C BHI. En el larguero DEL/D. Bajo el depósito LDS

D REGULADOR DE RIGIDEZ DEL. Bajo el larguero DEL/D, a nivel del BHI



9.44. Montaje de los componentes en el eje delantero.

1 Electroválvula de admisión suspensión trasera

2 Electroválvula de escape suspensión trasera

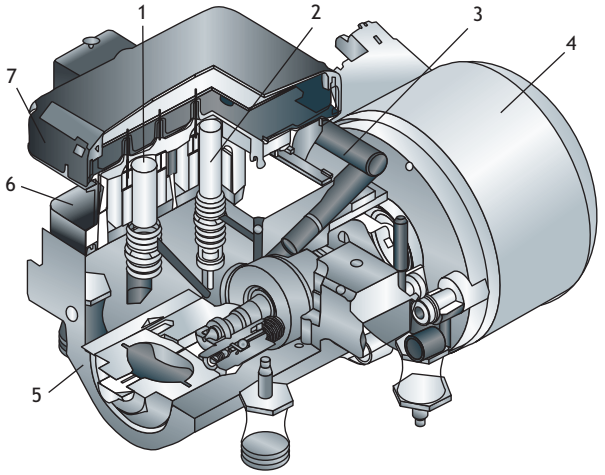
3 Entrada de LDS procedente del depósito

4 Motor

5 Bomba hidráulica

6 Bloque hidroelétrico

7 Calculador



9.45. Bloque electrohidráulico.

Comunicación entre los módulos del ABS/ESP y BHI

Durante una frenada con una gran diferencia de adherencia derecha-izquierda (situación "µplit") es cuando la suspensión pasa a modo firme. Entonces el calculador ABS/ESP envía la información "frenada en µplit" por la red CAN-Bus.

1 Paso fijo

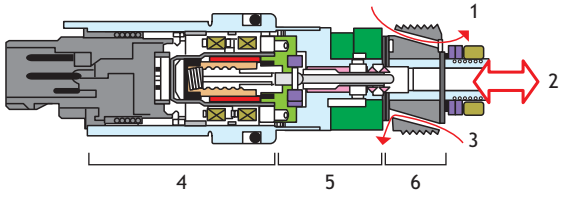
2 Paso variable

3 Paso fijo

4 Motor paso a paso

5 Amortiguación variable

6 Amortiguación fija clásica



9.46. Accionador AMVAR.

La unidad de control BHI comparte las informaciones a través de CAN-Bus con la unidad de control de amortiguación variable CSS y con el resto de las unidades de control del vehículo.

Las informaciones que recibe el sistema hidráulico a través del CAN-Bus son:

– La demanda de subida o bajada y el paso a los modos (sport o normal) por medio de los diferentes interruptores.
– Los desplazamientos de las ruedas.
– El ángulo y la velocidad de rotación del volante.
– La velocidad del vehículo.
– El estado de las puertas.
– El contactor del pedal de freno.
– La aceleración longitudinal.
– La aceleración lateral.
– El par motor.

El bloque electrohidráulico realiza la variación de altura del siguiente modo:

– Para subir la carrocería se pone en marcha el motor eléctrico del bloque electrohidráulico que mueve la bomba hidráulica generando la presión en el circuito; las electroválvulas de admisión delantera y trasera se accionan eléctricamente y el líquido LDS llega a los cilindros de suspensión.

– Para la bajada se desconectan las válvulas de admisión y se excitan las válvulas de escape. El calculador electrónico BHI realiza toda la gestión en función de las señales que reciba de los actuadores.

La amortiguación variable se consigue con los accionadores AMVAR gestionados por la unidad de control CSS.

Estos accionadores, que están formados por un amortiguador convencional y un motor paso a paso, modifican el paso del líquido entre la esfera de suspensión y el cilindro. De esta forma se consigue variar las leyes de amortiguación.

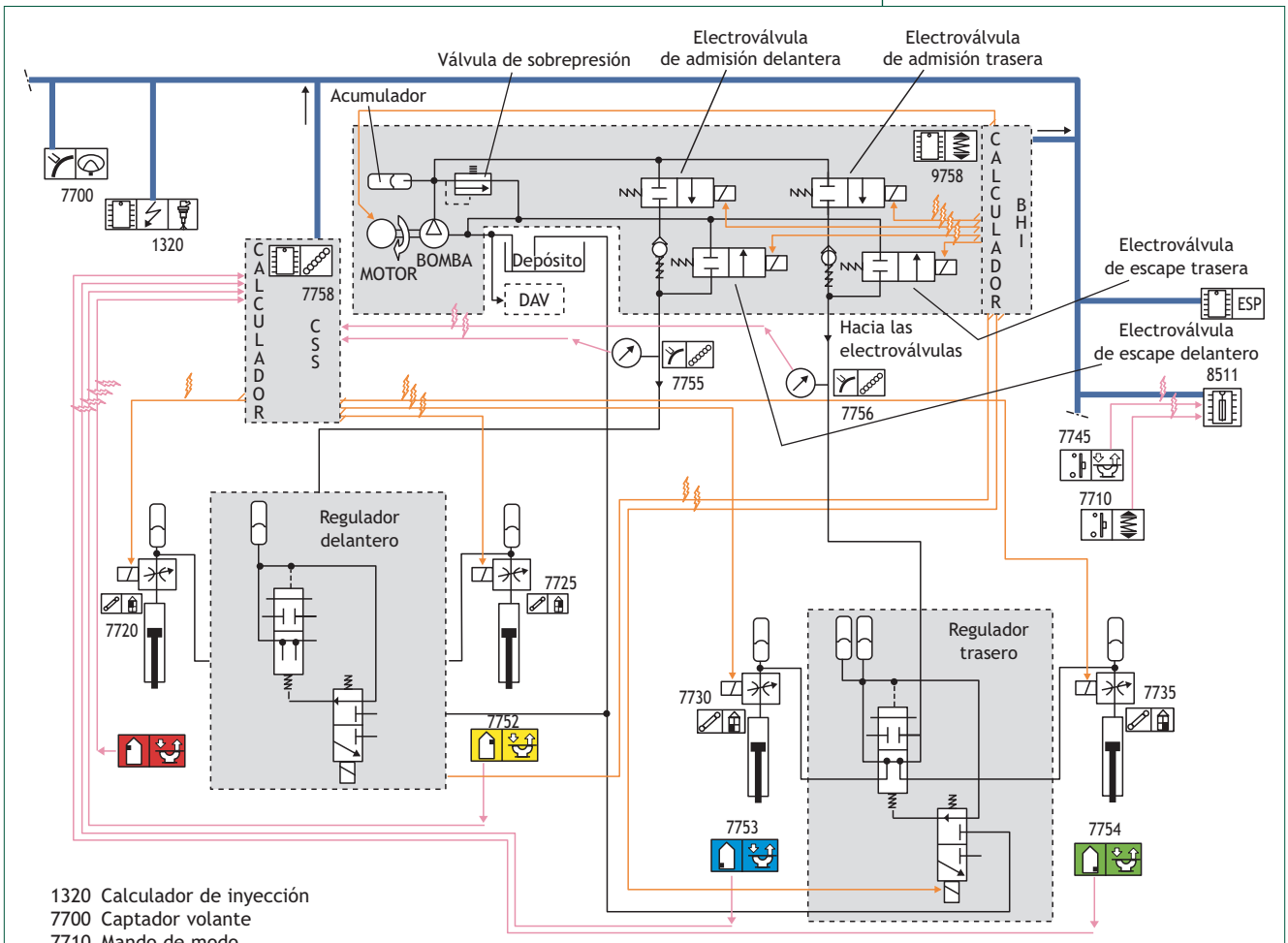
La suspensión hidractiva 3+ sustituye los correctores de altura por captadores de desplazamiento. Así, el vehículo dispone en total de cuatro, dos en eje delantero y otros dos en el trasero.

Estrategia de regulación

En función de la velocidad, la unidad de control determina diferentes alturas de la carrocería.

Las esferas de la hidractiva 3+

Las esferas de la hidractiva 3+ son ovaladas y tienen una membrana multicapa que les da una duración ilimitada.



1320 Calculador de inyección
7700 Captador volante
7710 Mando de modo
7715 Calculador suspensión BHI
7720 Actuador AMVAR AVG
7725 Actuador AMVAR AVD
7730 Actuador AMVAR ARG
7735 Actuador AMVAR ARD
7745 Mando impulsional de altura
7751 Captador movimiento AVG
7752 Captador movimiento AVD
7753 Captador movimiento ARG
7754 Captador movimiento ARD
7755 Captador presión suspensión AV
7756 Captador presión suspensión AR
7758 Calculador CSS
7800 Calculador ESP

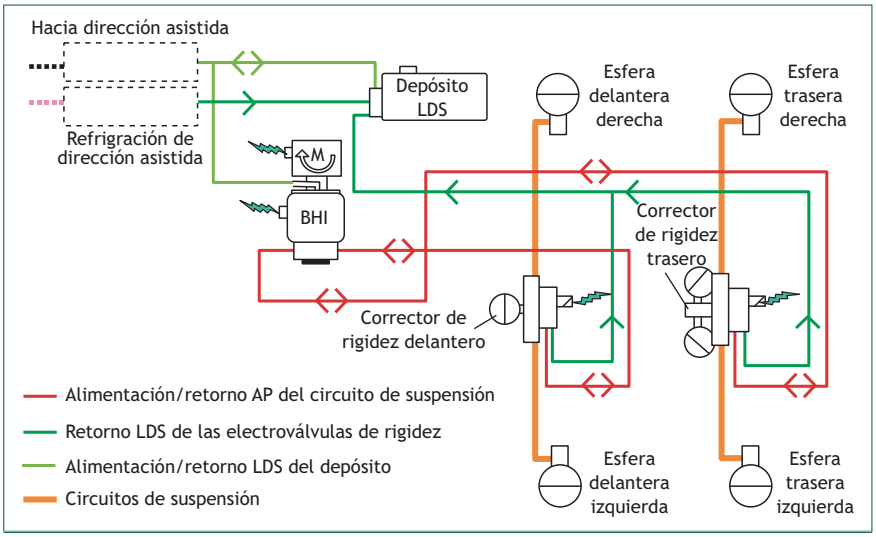
9.47. Esquema electrohidráulico de la suspensión hidractiva 3+.

Estrategia con diferencias de adherencia

Si en una frenada se produce una gran diferencia de adherencia entre la rueda derecha y la izquierda «µplit», la suspensión pasa a modo firme. La información «frenada en µplit» es enviada por el calculador ABS/ESP.

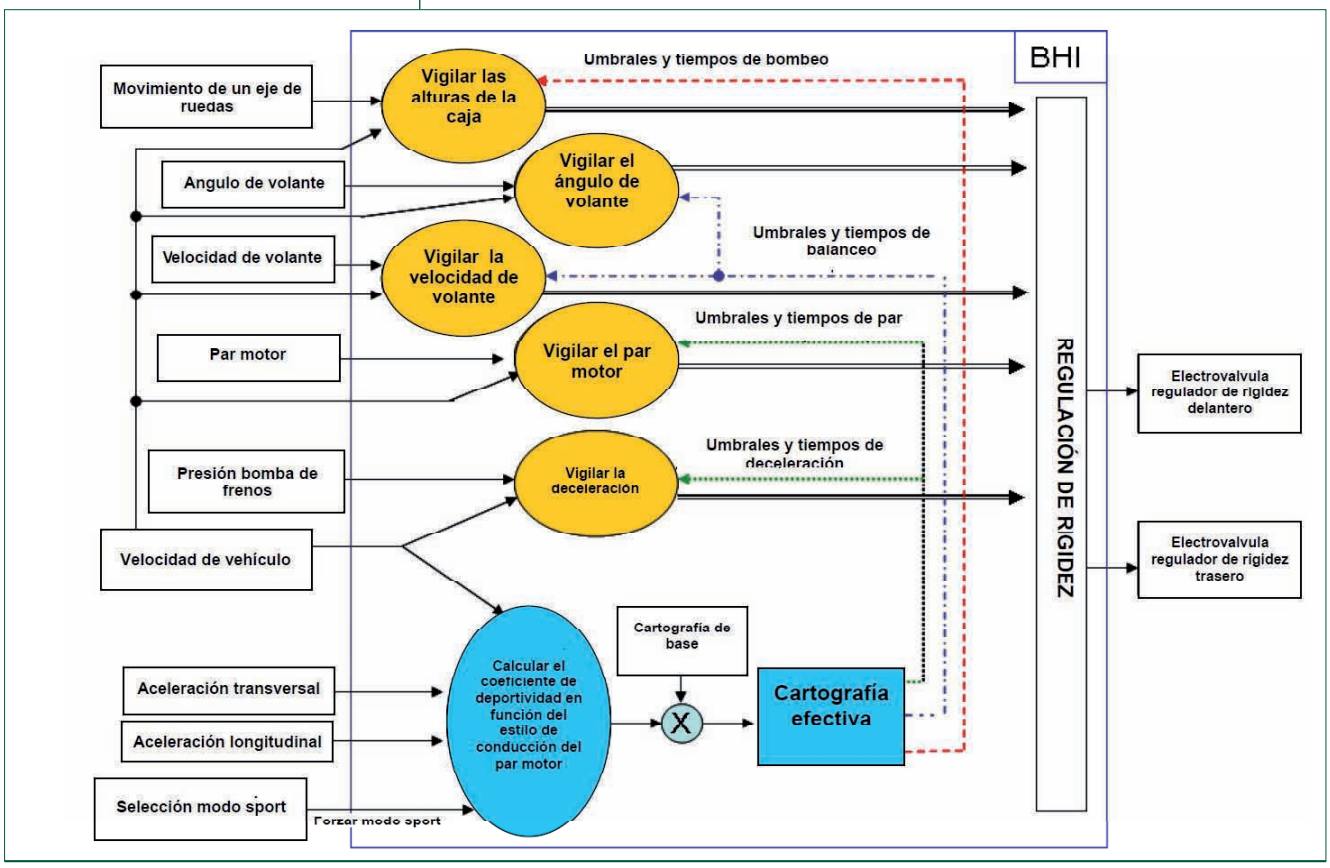
Estrategia de regulación durante la regulación ABS/ESP

Durante una regulación ABS/ESP, la suspensión pasa a modo firme y permanece en ese estado durante un segundo después de finalizar la regulación.



9.48. Esquema de las conexiones hidráulicas de la suspensión hidractiva 3+.

La suspensión hidractiva de última generación lleva cartografiados distintos modos de funcionamiento para las cartografías estándar y sport. Estos modos de funcionamiento determinan las alturas que adopta la carrocería a diferentes velocidades y el estado de rigidez de la suspensión. En el siguiente esquema se puede ver el programa de pilotaje de la suspensión hidractiva 3+.



9.49. Esquema de principio de funcionamiento.

2.5 > Otras suspensiones hidroneumáticas. Suspensión ADS

Otras marcas como Mercedes también han montado en sus vehículos suspensiones hidroneumáticas. El sistema de suspensión adaptativa ADS es capaz de adecuar el tarado o dureza de la suspensión de forma automática, en función del tipo de conducción y el nivel o la altura de la carrocería.

Funcionamiento de la regulación del nivel ADS

Este sistema comenzó montándose en el eje trasero para su regulación de altura en los primeros vehículos. Posteriormente, se ha montado en los dos ejes incorporando a la regulación de altura la adaptación de distintos niveles de rigidez de suspensión. Al estar el motor funcionando, mantiene constante el nivel del vehículo sea cual sea el estado de carga.

Por medio de la unidad de válvulas, la bomba de aceite a presión envía aceite hidráulico a los elementos de suspensión hasta que el nivel del vehículo queda regulado. Con ello, los muelles de acero de la suspensión cumplen una mera función portante.

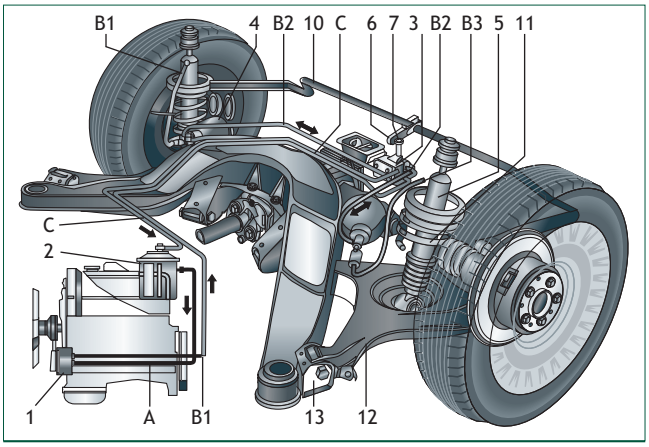
En el eje delantero y en el trasero, los sensores de nivel captan el nivel del vehículo y lo transmiten a la unidad de control ADS. La regulación de nivel se logra gracias a cuatro válvulas de nivel existentes en la unidad de válvulas.

Al cargar el vehículo, la unidad de control detecta el descenso del nivel del vehículo desde la barra de torsión a través del sensor de nivel. Al activar las válvulas electromagnéticas se envía aceite a presión a los acumuladores de fuerza elástica y a las patas telescópicas del eje respectivo hasta que el nivel del vehículo alcanza el valor establecido.

Al descargar el vehículo, tiene lugar el mismo procedimiento pero en orden contrario.

1 Bomba de aceite a presión
2 Depósito de aceite
3 Regulador de nivel
4 Acumulador de fuerza elástica
5 Pata telescópica
6 Palanca en la barra de torsión
7 Barra de unión
10 Barra de torsión
11 Muelle trasero
12 Brazo diagonal
13 Soporte del eje trasero

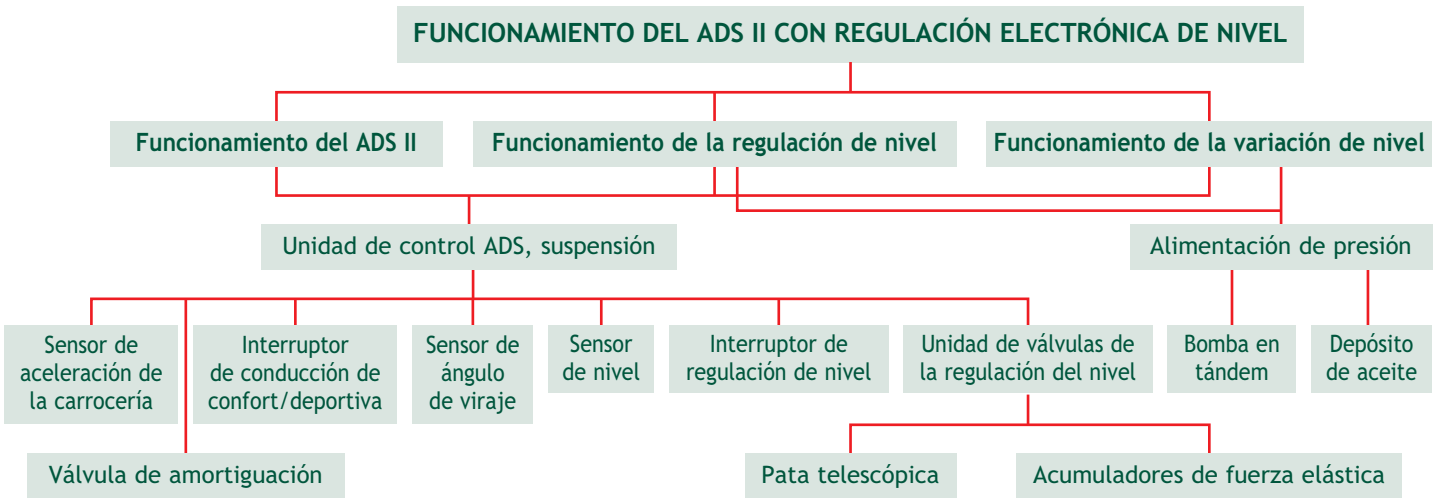
A Tubería de aspiración del depósito de aceite a la bomba de aceite a presión
B1 Tubería de presión de la bomba de aceite a presión al reguador de nivel
B2 Tubería de presión del regulador de nivel al acumulador de fuerza elástica
B3 Tubería de presión del acumulador de fuerza elástica a las patas telescópicas
C Tubería de retorno del regulador de nivel al depósito de aceite



9.50. Regulación de nivel ADS en el eje trasero.

Función servorreguladora

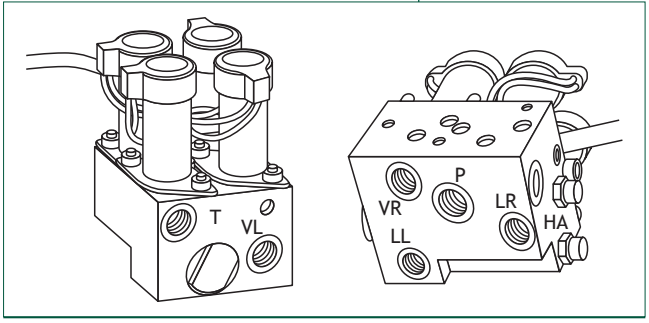
Una vez desconectado el encendido durante un minuto, la unidad de control continúa efectuando modificaciones del nivel, a fin de poder rectificar el nivel del vehículo en caso de eventuales procesos de descarga.



HA Tubería de presión a los acumuladores de fuerza elástica del eje trasero

VL Tubería de presión al acumulador de fuerza elástica del eje delantero, lado izquierdo

VR Tubería de presión al acumulador de fuerza elástica del eje delantero, lado derecho



9.51. Conexiones de la unidad de válvulas Y36/6.

LL Tubería de aceite de recuperación de la pata telescópica delantera izquierda

LR Tubería de aceite de recuperación de la pata telescópica delantera derecha

P Tubería de presión de la bomba de aceite a presión

T Tubería de retorno al depósito de aceite

Y36/6 Unidad de válvulas de la regulación de nivel

y1 Válvula, eje delantero, elevar

y2 Válvula, eje trasero, elevar

y3 Válvula, eje delantero, descender

y4 Válvula, eje trasero, descender

a Válvula de distribución

b Válvula de sobrepresión

c Válvula de flujo de salida

d Válvula de retención

Y51 Válvula de amortiguación, eje delantero, lado izquierdo

Y52 Válvula de amortiguación, eje delantero, lado derecho

Y53 Válvula de amortiguación, eje trasero, lado izquierdo

Y54 Válvula de amortiguación, eje trasero, lado derecho

1 Bomba de aceite a presión

2 Depósito de aceite

4 Acumulador de fuerza elástica trasero

5 Pata telescópica trasera

11 Pata telescópica delantera

14 Acumulador de fuerza elástica delantero

Alimentación de presión

La alimentación de presión para el sistema de regulación del nivel y el ADS se realiza a través de la bomba de émbolos radiales. Esta bomba puede ser compartida con la de servodirección o bomba tándem.

Por ello, la bomba está abridada antes o después de la bomba de la servodirección.

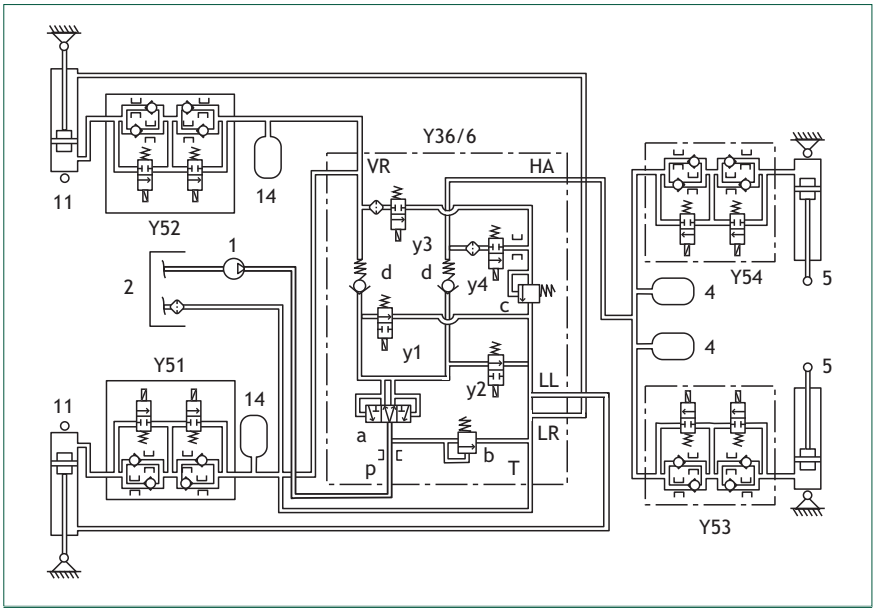
Unidad de válvulas

La unidad de válvulas Y36/6 contiene una válvula de distribución (a) para el control del aceite a presión del eje delantero y del eje trasero según las necesidades. Para la limitación de presión utiliza la válvula de sobrepresión (b) con una presión de apertura de aproximadamente 180 bar. Las válvulas electromagnéticas (Y36/6, y1, y2, y3 e y4) regulan la elevación o descenso del vehículo. La válvula del flujo de salida (c) limita la cantidad de aceite que fluye hasta el depósito de aceite (2). Está diseñada como válvula de presión básica y cierra a una presión básica de aproximadamente 33 bar. Las válvulas de retención (d) bloquean durante el proceso de flujo de salida los conductos de aceite hacia la válvula de distribución (a).

Funcionamiento del circuito

Estando el motor en funcionamiento, la bomba de aceite a presión succiona el aceite del depósito del mismo y lo transporta a presión hacia la válvula de distribución.

Si no es necesaria una regulación del nivel del vehículo, el aceite a presión fluye uniformemente distribuido a través de la válvula de distribución y de



9.52. Esquema hidráulico de la suspensión con regulación de altura ADS.

las válvulas abiertas (y1, y2) a la tubería de retorno hacia el depósito de aceite. Las válvulas de retención aseguran la presión de aceite en los elementos de la suspensión del eje delantero y trasero.

Elevar el vehículo

Las válvulas electromagnéticas (y1 e y2) del eje delantero y trasero ("Elevar") se cierran y el aceite a presión fluye desde la válvula de distribución (a) a través de las válvulas de retención (d) hacia los elementos de la suspensión.

Las válvulas electromagnéticas (y3 e y4) del eje delantero y trasero ("Bajar") se encuentran en la posición básica y están cerradas.

Bajar el vehículo

Las válvulas electromagnéticas (y3 e y4) del eje delantero y trasero ("Bajar") se abren y el aceite a más de 33 bar es devuelto al depósito de aceite a través de la válvula de flujo de salida (c) y la tubería de retorno (T).

Las válvulas de retención (d) están cerradas y el aceite a presión suministrado por la bomba de aceite a presión (1) fluye a través de la válvula de distribución (a). Las válvulas electromagnéticas (y1 e y2) están abiertas en la posición básica al depósito de aceite (2).

Funcionamiento del amortiguador

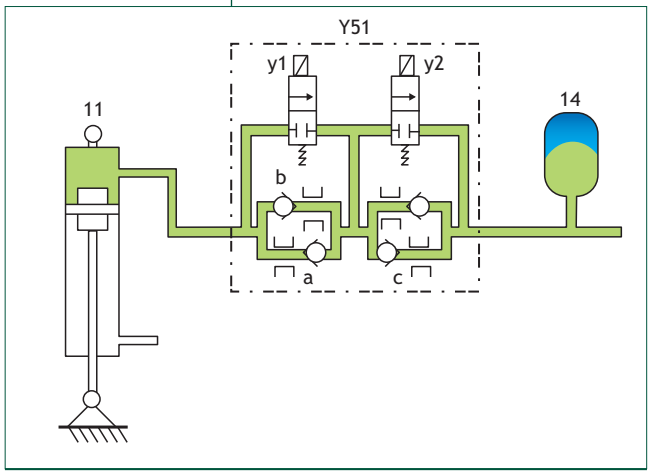
Tomaremos como ejemplo un lado del eje trasero. La variación de la fuerza de amortiguación se regula en las válvulas de amortiguación (Y51). En cada rueda hay montada una válvula de amortiguación entre la pata telescópica (11) y su acumulador de fuerza elástica (14). Cada válvula de amortiguación contiene dos válvulas electromagnéticas (y1 e y2) que, en función de la activación a través de la unidad de control ADS (suspensión) permiten cuatro etapas de fuerza de amortiguación diferentes. El extremadamente corto tiempo de variación (en el margen de los milisegundos) consigue que en caso de modificación repentina de la conducción, por ejemplo en una maniobra de desviación, esté disponible casi sin retardos la etapa de fuerza de amortiguación óptima.

Válvulas

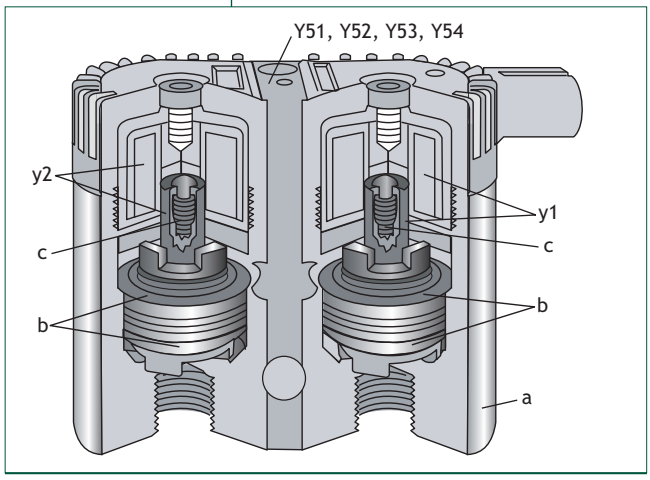
La válvula de amortiguación (Y51, Y52, Y53, Y54) consta de una caja (a) y el paquete de válvulas de disco de 2 émbolos (b). Por encima lleva dispuestos los émbolos de válvula electromagnética cargados por un muelle (c). En la parte superior de la caja, las bobinas magnéticas, los émbolos y bobinas de válvulas forman las unidades de válvulas electromagnéticas (y1 e y2).

Cuando no están activadas las bobinas electromagnéticas (y1 e y2), los émbolos de válvulas electromagnéticas cargados por muelles (y1 e y2) mantienen cerrados los orificios que se encuentran debajo. La expulsión del

- Y51 Válvula de amortiguación
- y1 Válvula electromagnética 1
- y2 Válvulaelectromagnética 2
- a Válvula, fase de presión dura
- b Válvula, fase de tracción blanda
- c Válvula, fase de tracción dura
- d Válvula, fase de presión blanda
- 11 Pata telescópica
- 14 Acumulador de fuerza elástica



9.53. Esquema de regulación del amortiguador.



9.54. Válvulas de amortiguación.

aceite se efectúa a través de los paquetes de válvulas de láminas y el conducto de aceite dispuesto transversalmente en la carcasa (a).

Si se activa una bobina electromagnética (y1), el émbolo de válvula electromagnética (y1) deja libre el taladro y la corriente de aceite puede fluir a través de él. A través del paquete de válvulas de discos de émbolo (b) tiene lugar únicamente una estrangulación insignificante del aceite. Mediante los paquetes de válvulas de disco de distinta disposición y la activación de las válvulas electromagnéticas se alcanzan los niveles de fuerza de amortiguación.

Representación esquemática

Las válvulas de placas (a, b, c, d) forman una unidad compuesta de una válvula de bola y un estrangulador. Mediante la activación de la unidad de control ADS (suspensión) se pueden alcanzar 4 fases de fuerza de amortiguación.

– Fase de fuerza de amortiguación 1. Para una confortable rodadura en caso de pequeños movimientos de la carrocería y poca aceleración longitudinal y trasversal. En la fase de fuerza de amortiguación 1 están abiertas las dos válvulas electromagnéticas (y1 e y2), por lo que la mayor parte del aceite puede rodear las válvulas de placas. De esta manera se alcanza la fase de tracción y la fase de presión **de confort.**
– Fase de fuerza de amortiguación 2. Si la carrocería se mueve hacia abajo, se abre la válvula electromagnética y2 y se cierra la válvula electromagnética y1. Las válvulas de placas (a = presión dura y b = tracción suave) en el émbolo de la válvula electromagnética y1 logran una fase de presión **dura** y una fase de tracción **suave.**
– Fase de fuerza de amortiguación 3. Si la carrocería se mueve hacia arriba, se abre la válvula electromagnética y1 y se cierra la válvula electromagnética y2. Las válvulas de placas (c = tracción dura y d = presión suave) en el émbolo de la válvula electromagnética y2 logran una fase de tracción dura y una fase de presión suave.
– Fase de fuerza de amortiguación 4 (fase de seguridad del vehículo). Para una mayor seguridad del vehículo en caso de aceleraciones longitudinales y trasversales del mismo. Ambas válvulas electromagnéticas y1 e y2 están cerradas, las válvulas de placas (a = presión dura y c = tracción dura) logran una fase de tracción y presión dura.
  Esta fase de fuerza de amortiguación se activa también con el fallo del sistema ADS y se indica en el cuadro de instrumentos mediante la lámpara de advertencia ADS.

Estado de acoplamiento de las fases de fuerza de amortiguación

Fase de fuerza de amortiguación	Válvulas de amortiguación		Válvula y1	Válvula y2
	Tracción	Presión		
1	confort	confort	Abierta	Abierta
2	blanda	dura	Cerrada	Abierta
3	dura	blanda	Abierta	Cerrada
4	dura	dura	Cerrada	Cerrada

3 >> Suspensión con regulación de nivel

Existen numerosos sistemas en el mercado para la regulación del nivel, generalmente para el eje trasero. Todos ellos se basan en los mismos principios de funcionamiento. Marcas como Peugeot, Audi, Mercedes, Alfa Romeo, Fiat, etc. incorporan estos sistemas para compensar la altura del vehículo cuando es sometido a carga.

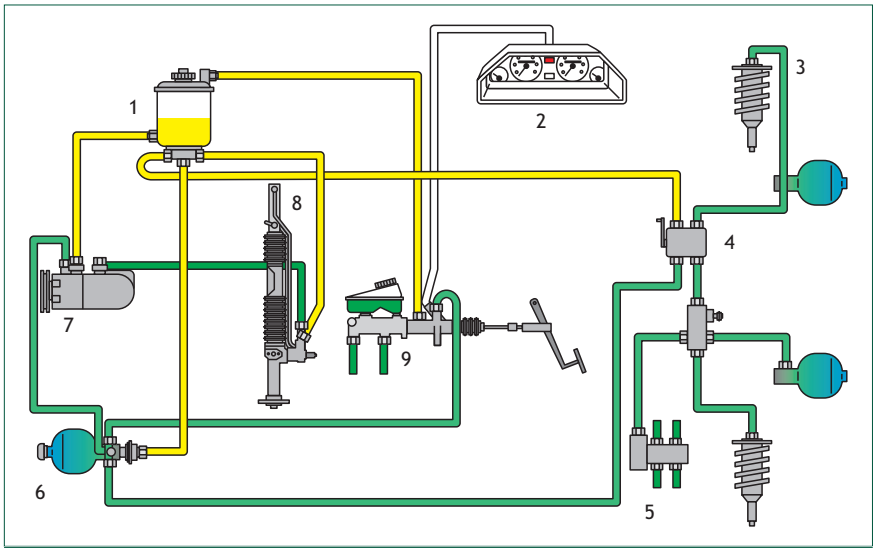
3.1 > Suspensión mecánica con regulación de nivel

La suspensión con regulación de nivel incorpora una bomba hidráulica como fuente de presión. Esta es movida generalmente por el motor y garantiza la presión hidráulica a todos los circuitos.

La presión hidráulica procedente de la bomba es almacenada en un acumulador de presión. Una válvula reguladora de presión se encarga de limitar la presión máxima y mínima de trabajo para el circuito.

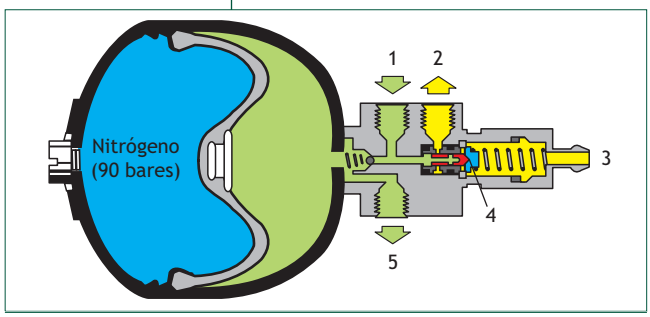
Regulada la presión hidráulica, esta llega a una válvula reguladora de nivel que, mediante un mando mecánico accionado por la suspensión, determina la altura del vehículo. La válvula reguladora de nivel distribuye mayor o menor presión hidráulica a los acumuladores traseros.

El sistema incorpora un regulador de presión de frenado que actúa como compensador de frenado para el eje trasero y dosifica la presión a las ruedas traseras en función de la presión hidráulica que actúe sobre el eje trasero.

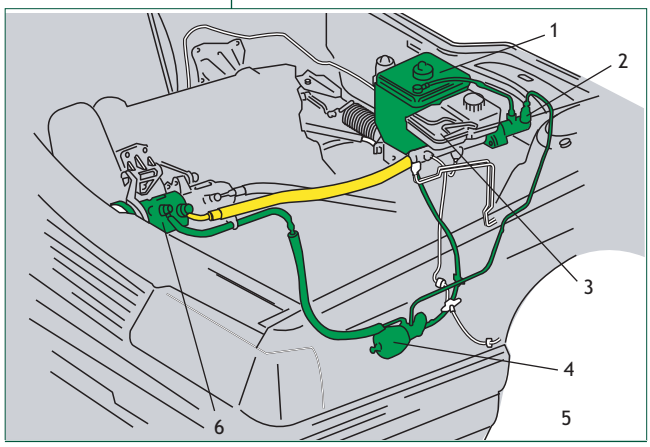


9.57. Circuito hidráulico con regulación de nivel para el eje trasero, Audi 100.

1 De la bomba
2 Al regulador de nivel
3 Retorno al depósito
4 Al servofreno
5 Hacia el servofreno



9.55. Acumulador de presión principal.



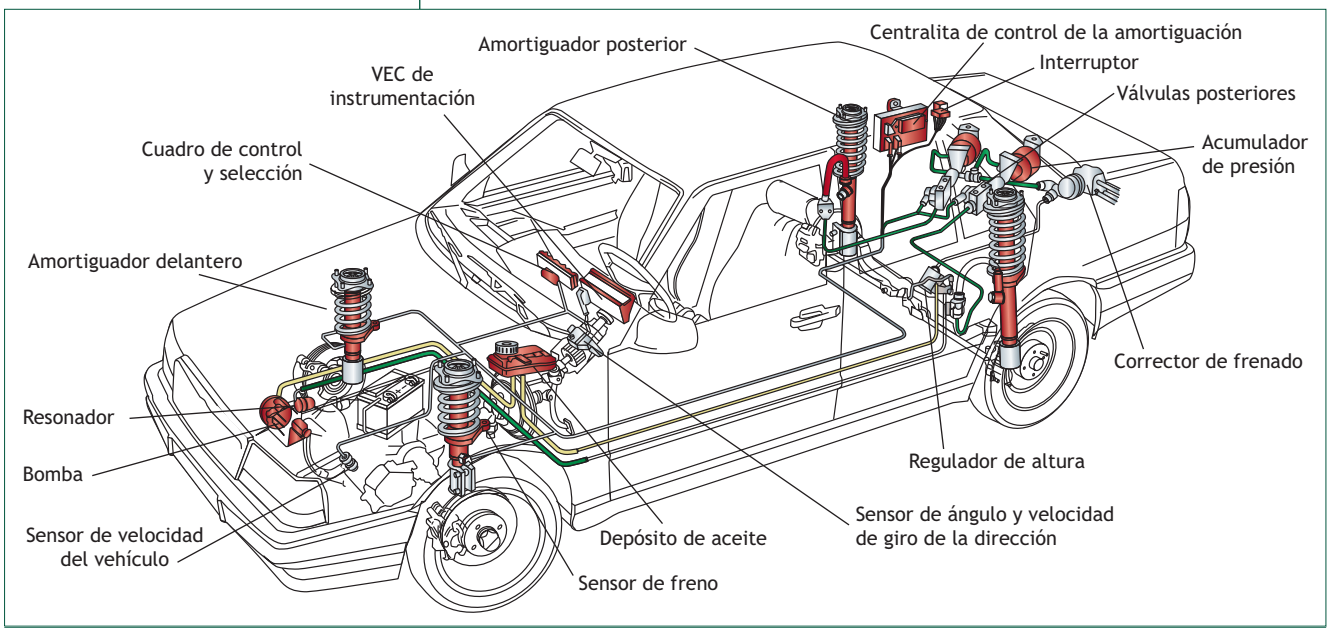
9.56. Circuito hidráulico principal.

1 Depósito principal
2 Servofreno
3 Depósito del líquido de frenos
4 Acumulador de presión
5 Depósito del líquido de frenos
6 Bomba hidráulica

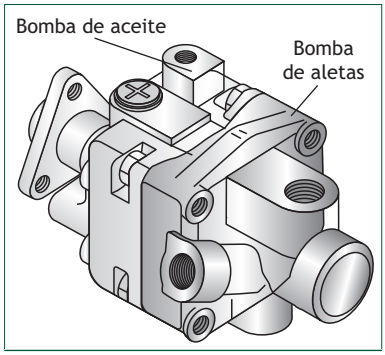
1 Depósito de aceite
2 Testigo luminoso
3 Regulador de nivel (equipo M - extra)
4 Válvula regulador
5 Regulador de frenado
6 Acumulador de presión con válvula reguladora de presión
7 Bomba de la hidráulica central
8 Servodirección
9 Servofrenno

3.2 > Suspensión mecánica con regulación de nivel y amortiguación controlada

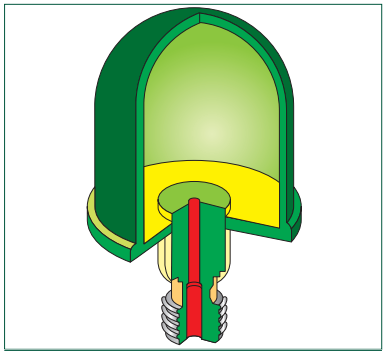
Esta suspensión consiste en una suspensión mecánica por muelles, cuya regulación del nivel trasero se realiza hidráulicamente de forma mecánica. Es conocida como suspensión autonivelante.



9.58. Suspensión mecánica con regulación de nivel y amortiguación controlada.



9.59. Bomba.



9.60. Resonador.

La suspensión está formada por una bomba de aceite de dos etapas alimentadas desde el depósito. La bomba hidráulica manda el aceite a presión al regulador de altura necesario para la regulación del nivel.

Desde el regulador de altura, el aceite llega al corrector de frenado, a los acumuladores y a los amortiguadores, después de haber pasado por el grupo de válvulas. De ahí, el aceite regresa al depósito a través de la tubería de retorno.

Esta suspensión incorpora en sus últimas evoluciones un sistema de amortiguación controlada electrónicamente que permite variar la respuesta de los amortiguadores para obtener distintos tarados de dureza.

Componentes de la suspensión

Bomba de aceite

La bomba de aceite es accionada directamente por el motor y va unida a la bomba de aletas del sistema de la dirección hidráulica.

La bomba es de tipo volumétrico de émbolos contrapuestos y es capaz de suministrar una presión máxima de 200 bar, con un caudal de 1,2 - 1,7 dm^3/min.

Resonador

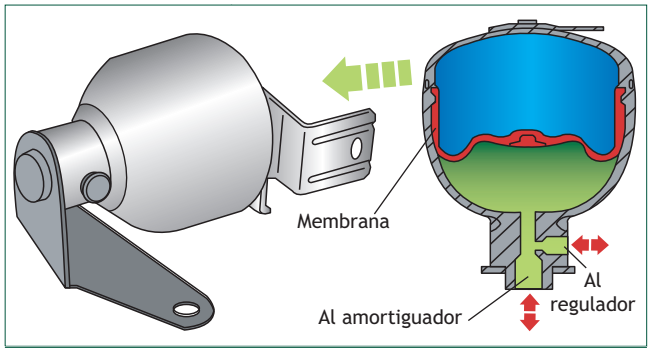
El resonador permite absorber los ruidos debidos a las pulsaciones de la bomba. Está constituido por una cámara de gran resistencia a la presión y va montado en el racor de salida de la bomba.

Acumuladores

Los acumuladores se montan para equilibrar los volúmenes de aceite durante las etapas de extensión y compresión.

Son similares a los montados en las suspensiones hidroneumáticas. Estos van montados en la instalación antes de los amortiguadores.

La cámara inferior de aceite se une por un lado al amortiguador y por el otro al regulador de altura, después de pasar por el corrector de frenado.



9.61. Acumulador.

Regulador de altura

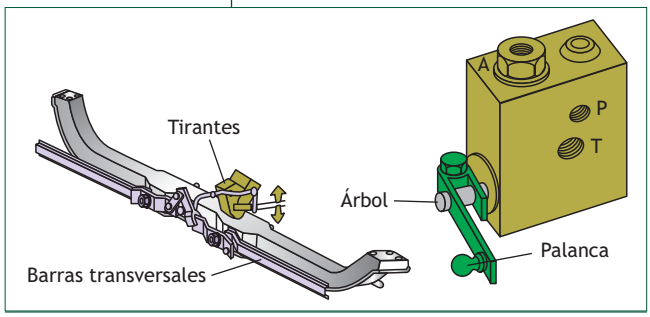
El regulador de altura es el encargado de corregir las variaciones de altura de la carrocería cuando esta se somete a carga.

Para ello, va fijado a la traviesa trasera de la suspensión y está unido a la suspensión por un mecanismo que recibe las variaciones de nivel respecto al establecido previamente con el vehículo en posición horizontal.

La rotación del árbol del regulador es mandada por las levas internas del conjunto y solidarias con el árbol mismo. Estas levas abren y cierran el acoplamiento hidráulico con los amortiguadores y los acumuladores. Con la rotación de la palanca se determinan tres condiciones de funcionamiento de la instalación: posición neutra, elevación y descenso.

El regulador de altura es accionado por la posición que toman las barras transversales en función de la carga:

– Cuando se aumenta la carga del vehículo, este baja su altura. El regulador de altura comunica la vía de presión (P) con la vía de alimentación (A), con lo que se consigue que el vehículo gane altura.
– Cuando el vehículo se descarga, tiende a subir. En este momento, el regulador comunica la vía de alimentación de los amortiguadores (A) con el retorno al depósito (T), con lo que se consigue la descarga del líquido hidráulico y por lo tanto el descenso del vehículo.

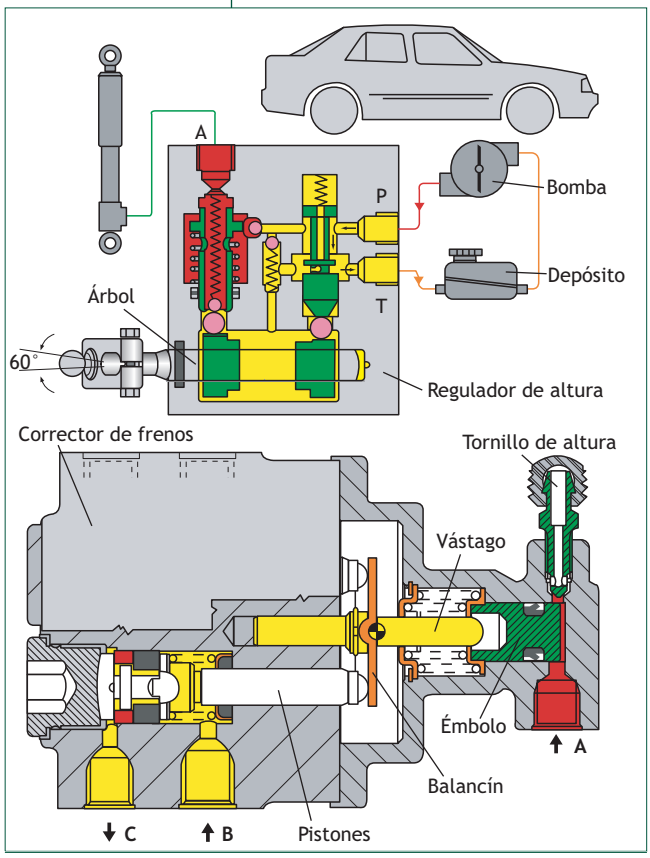


9.62. Regulador de altura y montaje.

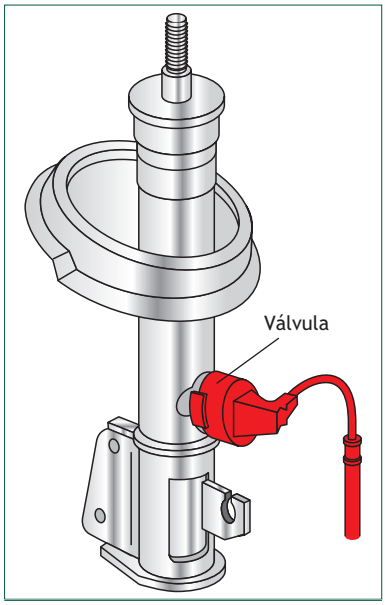
Corrector de frenos

El corrector de frenos va fijado al bastidor del vehículo y es pilotado por la presión del aceite proporcional a la carga existente en el eje trasero.

El funcionamiento es independiente de la altura de la carrocería, por lo que la presión de frenado dependerá de la presión a la que esté sometida la vía A del corrector.



9.63. Corrector de frenos.



9.64. Amortiguador delantero y válvula de rigidez.

Cuanto mayor sea la carga, mayor presión de frenado, y por lo tanto mayor flujo entre las vías B y C del corrector.

Amortiguadores

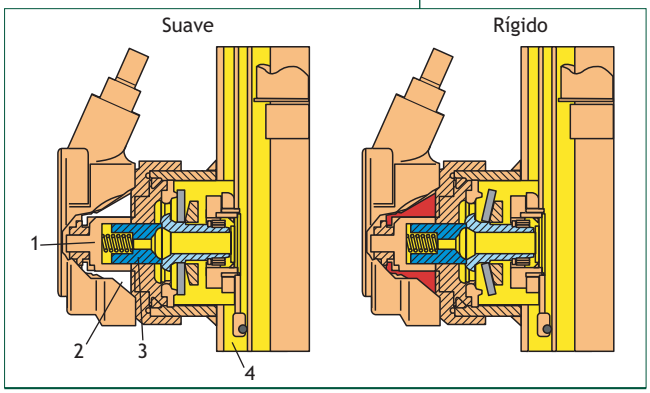
Los amortiguadores montados en este tipo de suspensión forman una columna con el muelle de suspensión. Son amortiguadores oleodinámicos presurizados y los traseros incorporan un racor en la base del vástago que permite la entrada y salida del líquido hidráulico para la regulación de altura.

Los amortiguadores delanteros incorporan una válvula de rigidez mientras que los traseros montan en el racor de entrada de presión una válvula de rigidez y otra de modulación.

Válvula de rigidez

Consiste en una electroválvula (VDV) que permite el paso del aceite entre las distintas cámaras del amortiguador. Permite que el amortiguador trabaje en dos fases, rígido (hard) y suave (soft).

La válvula de rigidez es gestionada por la centralita, que interviene cambiando la curva de respuesta de la graduación del amortiguador, conmutando de la posición suave a la rígida y viceversa. La gestión se realiza en función de las distintas situaciones de conducción y por las señales de los sensores de aceleración vertical, de la velocidad del vehículo, de la velocidad de rotación del volante y del sensor de frenado.



9.65. Funcionamiento de la válvula de rigidez para los amortiguadores delanteros.

1. Muelle
2. Bobina
3. Émbolo
4. Cámara de reserva

Suspensión rígida

Cuando la electroválvula no está alimentada, esta no deja el paso de aceite entre las distintas cámaras, por lo que se consigue una acción amortiguadora superior a la de un amortiguador normal.

Suspensión suave

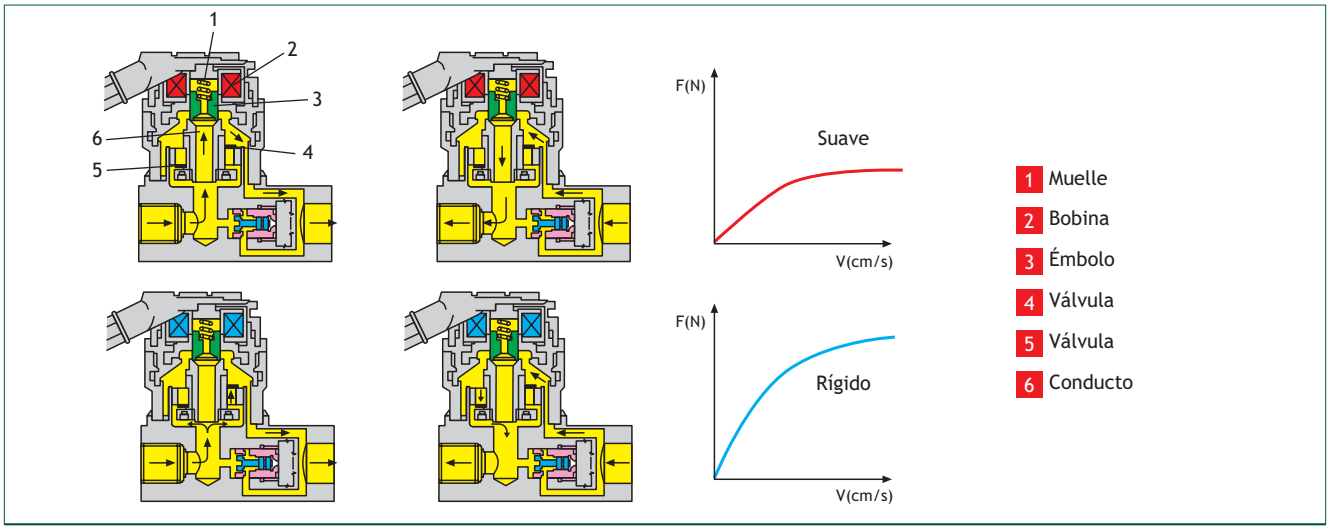
Cuando la bobina de la electroválvula es alimentada, esta deja el paso de aceite entre las distintas cámaras del amortiguador. En esta condición, al aumentar el volumen de trabajo gracias a la unión de las distintas cámaras, se consigue una acción amortiguadora más suave.

Válvula de modulación

La válvula de modulación (LDV) regula la amortiguación del amortiguador en función de la presión del fluido de la instalación autoniveladora, es decir teniendo en cuenta la presión regulada desde el regulador de altura y en función de la carga.

La presión hidraulica actúa sobre el émbolo y determina su posición a lo largo del conducto de trabajo.

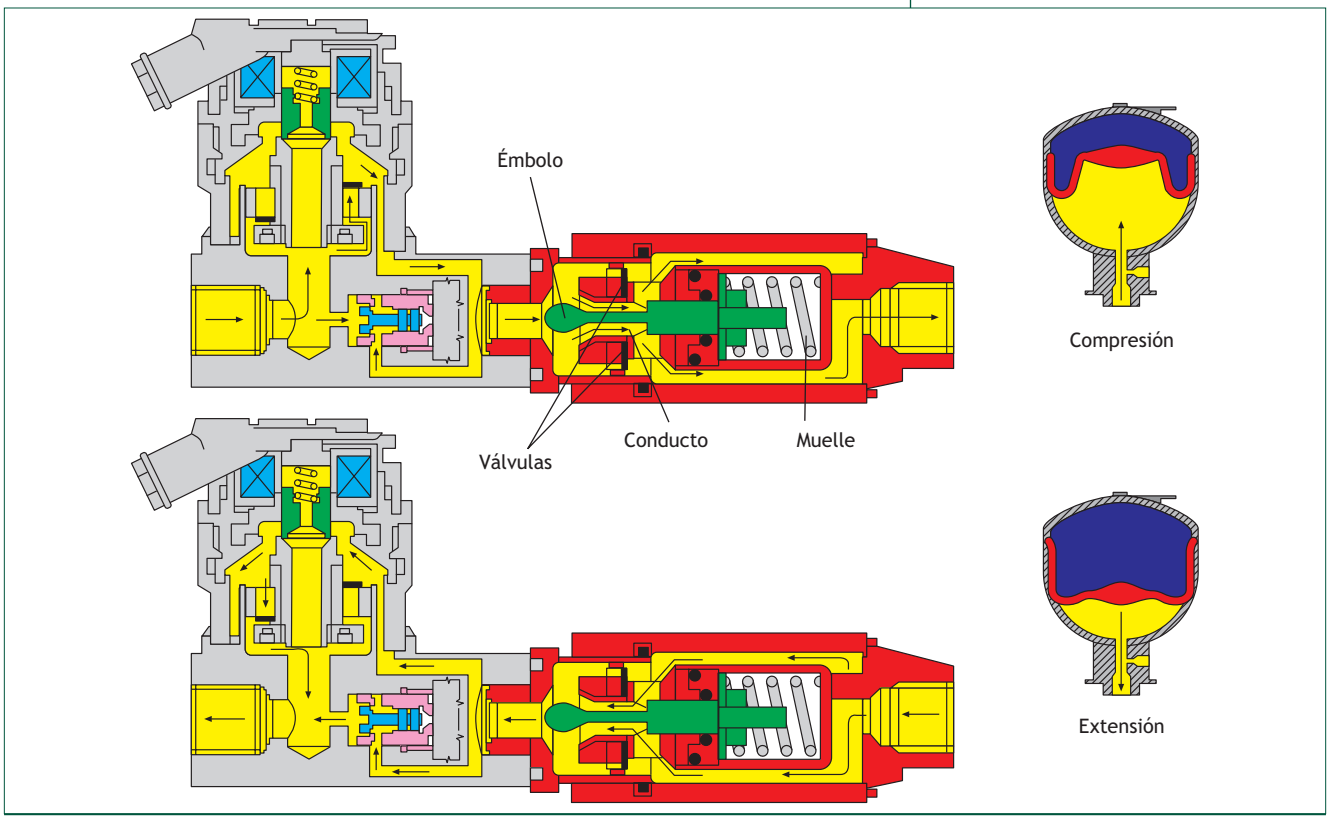
Con presiones de 25 bares, el émbolo permite la máxima sección al paso del fluido.



9.66. Funcionamiento de la válvula de rigidez para los amortiguadores traseros.

Con presiones de 60 bares el émbolo cierra el conducto y el fluido tiene mayor resistencia al paso por la válvula. En este momento se origina un efecto de amortiguación superior.

Normalmente el embolo se encuentra en posiciones intermedias con presiones entre los 25 y 60 bares, lo que determina las diferentes situaciones de tarado de la suspensión.



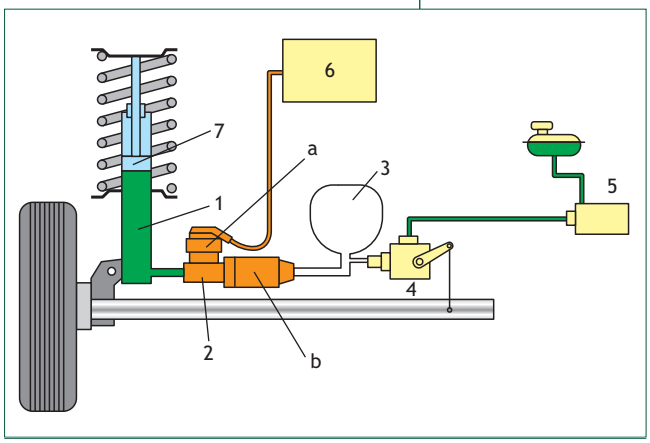
9.67. Funcionamiento de la válvula de modulación en compresión y extensión con una presión de 25 bares.

Funcionamiento de la suspensión

El funcionamiento de la suspensión mecánica con regulación de nivel y amortiguación controlada es exclusivamente hidráulico y no permite la intervención del conductor. Se regula automáticamente según las condiciones de carga y por lo tanto de equilibrio del coche.

Debido a que es el eje trasero el que padece las mayores variaciones de equilibrio, pasando de la condición de vehículo vacío a la de plena carga, la instalación actúa solamente sobre los amortiguadores traseros, variando debidamente su longitud para mantener constante el equilibrio del coche en cualquier condición de carga hasta los valores admitidos.

Esta suspensión permite el empleo de la carrera total de los amortiguadores de tal manera que la altura mínima respecto al suelo sea constante permitiendo un mejor guiado y confort de marcha.



9.68. Esquema de funcionamiento de la suspensión trasera.

1 Amortiguador de gas.
2 Grupo de válvulas posteriores
3 Acumulador de presión
4 Regulador de altura
5 Bomba de aceite
6 Unidad de control
7 Pistón y vástago del amortiguador
a Electroválvula
b Válvula de modulación

Gestión electrónica de la suspensión

La suspensión está gobernada por una centralita electrónica o unidad de control que gestiona los amortiguadores en tiempo real sobre las cuatro ruedas.

La suspensión puede funcionar teniendo en cuenta dos lógicas de funcionamiento, auto y sport, operando sobre los amortiguadores que pueden trabajar con tarados blandos o rígidos.

En la función **auto,** el sistema tara automáticamente los amortiguadores transformándolos de suaves a rígidos y viceversa, en función de las informaciones suministradas por los sensores que estudian las condiciones de marcha.

En la función **sport,** el tarado de los amortiguadores es siempre para una conducción deportiva sin compromisos con una suspensión confortable.

Lógica de funcionamiento

La UEC es alimentada con la llave de encendido conectada. Cuando falta la señal de la velocidad del coche o todas las veces que el sensor tacométrico (E) detecta velocidades inferiores a 5 km/h, la centralita (A) no excita las cuatro electroválvulas (H-l) y el sistema se pone en la condición HARD.

Con todos los sensores en funcionamiento, los cables eficientes, el interruptor del grupo de selección/control AUTOMATIC conectado y el testigo de luz verde encendido, la centralita alimenta las cuatro electroválvulas mediante el telerruptor (G) el sistema se pone en la condición SOFT con velocidad comprendida entre 5 y 20 km/h y en HARD con velocidad del coche superior a 180 km/h.

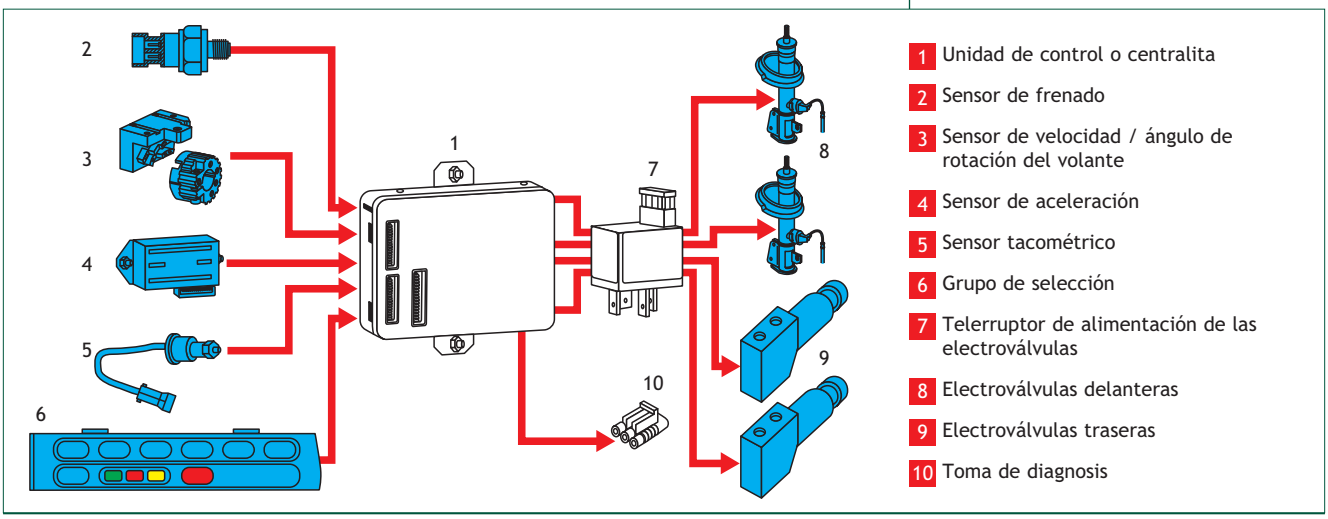
Entre estos dos límites de velocidad, el control automático del pasaje SOFT/HARD se cumple cada vez que se sobrepasa el umbral de uno de los siguientes parámetros de los sensores: de ángulo y de velocidad de rotación del volante (C), de excesiva aceleración vertical de la carrocería (D) y de intensidad de frenado (B).

Cada situación de mando en HARD dura por un cierto período de tiempo, de 0,6 – 5 segundos en función de los sensores que la han determinando. La excitación de las electroválvulas, por lo tanto, es mantenida por tiempos diversos a partir del instante de la cesación del evento que la ha causado.

Los valores de los tiempos de mantenimiento de la excitación son determinados por los diversos sensores:

– Aceleración vertical de la carrocería: 0,6 segundos.
– Ángulo de rotación del volante y velocidad de rotación del volante: 5 segundos.
– Presión de frenado: 1 segundo.

En cambio, con el interruptor del grupo selección/control (F) posicionado en SPORT, la centralita no alimenta las cuatro electroválvulas y mantiene constantemente la graduación en HARD.



9.69. Cuadro sinóptico de los componentes eléctricos de la suspensión.

Componentes eléctricos de la suspensión

Centralita

La centralita electrónica de control (A) gestiona en tiempo real y controla todas las funciones de la suspensión. A su vez diagnostica su funcionamiento y detecta los defectos que pudieran surgir de los distintos componentes encendiendo el testigo rojo de avería colocado en el grupo selección/control (F).

Para desarrollar estas funciones, la centralita está equipada con un circuito de toma y codificación de datos, de un potente microprocesador para la gestión de los datos mismos y de una serie de memorias que contienen todos los programas necesarios para el funcionamiento del sistema.

Además, la centralita incluye una toma de diagnosis (L) que permite la conexión del equipo de diagnosis.

Teleruptor de alimentación de las electroválvulas

El telerruptor (G) tiene la misión de alimentar las cuatro electroválvulas. El circuito de excitación del borne (86) es alimentado por el conmutador de

encendido en la posición «MAR» (15/54). El corte a masa sucede a través del borne (85) y el pin 5 (conector C) mediante un mando de la centralita.

El circuito de potencia es alimentado directamente por la batería en el borne (30) y está protegido por un fusible de 20 A. A través del borne (87), cuando los contactos están cerrados, alimenta las cuatro electroválvulas.

En función de las señales que proceden de los sensores, la centralita permite la excitación de las cuatro electroválvulas a través de un circuito de potencia formado por cuatro transistores. Cada vez que el microprocesador polariza las bases de los transistores, las electroválvulas son excitadas. Sin embargo durante la polarización de los transistores (tiempo de excitación/desconexión) se forman sobretensiones peligrosas que podrían dañar la centralita. Estas sobretensiones son cortadas a masa a través de un diodo (interior) conectado al pin B5 y a la alimentación de las electroválvulas cable (RN).

Grupo de selección

Está colocado en el tablero de instrumentos y permite el acoplamiento del tipo de funcionamiento deseado.

En este grupo se encuentran presentes tres testigos y dos interruptores:

– Uno rojo (I) para indicar una avería.
– Uno verde (L) para el funcionamiento en AUTOMATIC cuando está conectado el interruptor (M).
– Uno amarillo (H) para el funcionamiento SPORT cuando está conectado el interruptor (N).

Introduciendo la llave de encendido en la posición de MAR se enciende durante 1,5 a 4 segundos el testigo rojo (I) de avería. Pasado este tiempo, si la instalación no presenta ninguna anomalía, el testigo se apaga. Este procedimiento tiene la finalidad de controlar la eficiencia del testigo de avería.

Cada vez que se verifica una avería en la instalación, la centralita se encarga de cortar automáticamente a masa el testigo (I) (luz roja) encendiéndolo. El testigo queda encendido hasta que la anomalía es eliminada.

Sensor de aceleración

El sensor de aceleración es un detector de las aceleraciones verticales de la carrocería.

El acelerómetro (333) es alimentado por la centralita (334) con una tensión de cerca de 12 V y es cortado a masa a través de esta.

Los dos terminales ACCH y ACCL informan a la centralita sobre las aceleraciones verticales de la carrocería, provocando una variación en una resistencia colocada en el interior del acelerómetro.

Esta variación es elaborada por un microprocesador ubicado en su interior y transformada en una señal de onda cuadrada. Estas señales (onda cuadrada de aproximadamente 5 V) son enviadas a la centralita mediante los terminales ACCH –ACCL.

Sensor tacométrico

El generador de impulsos está constituido por una rueda fónica (2) de cuatro dientes arrastrada por la toma de fuerza ubicada en el cambio. A cada

giro manda cuatro impulsos sinusoidales a un oscilador (3) alimentado a 12 V por el conmutador de encendido con la llave en la posición de MAR.

El oscilador es un generador de ondas cuadradas que transforma estos impulsos en señales de ondas cuadradas adecuadas a ser enviadas al módulo electrónico (51 V1) del tablero de instrumentos, que a su vez lo manda a la centralita electrónica (334) en el pin 4 (conector A).

Sensor de frenado

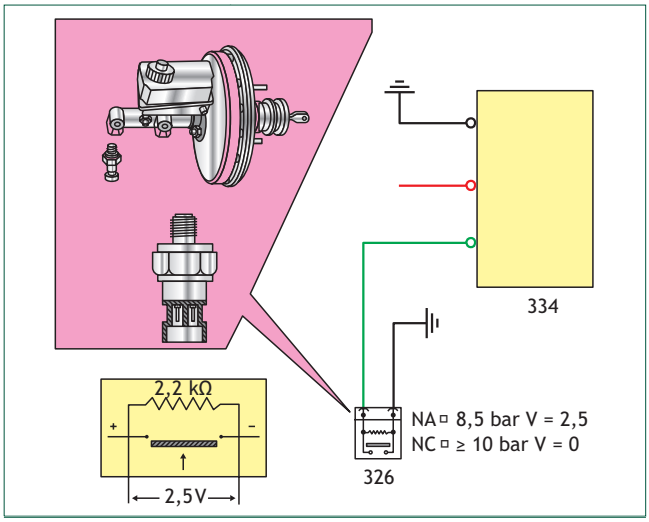
Va colocado sobre la bomba de frenos, es alimentado por la centralita (334) mediante el pin 6 del conector (C).

Los contactos de este sensor son normalmente del tipo abierto (NA). Se cierran cuando en el circuito hidráulico de los frenos se alcanza una presión mayor o igual a 10 bar y se abren de nuevo cuando, soltando el pedal del freno, la presión desciende a un valor de 8,5 bar.

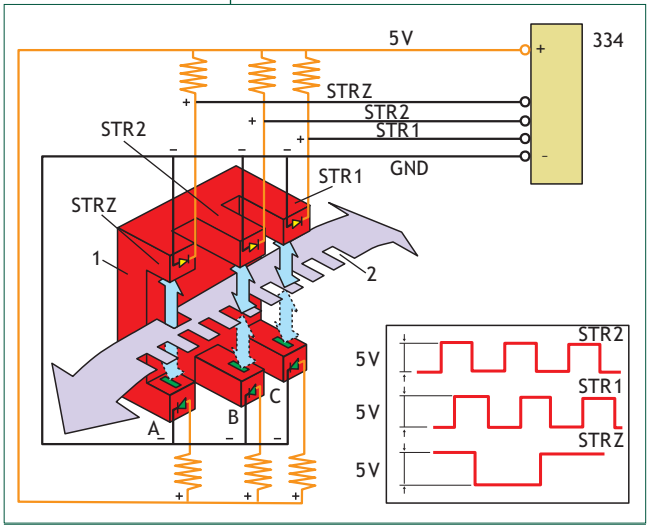
En caso de frenadas con presiones inferiores a 10 bar (contactos del sensor abiertos), la centralita alimenta la resistencia interior del sensor (2,2 kΩ) con una tensión en sus extremos de 2,5 V.

En caso de frenadas con presiones superiores a 10 bar (contactos del sensor cerrados), el circuito se corta directamente a masa a través de los contactos del sensor (tensión en los extremos del sensor de cerca de 0 V).

La centralita detecta la variación de la tensión consecuente al cierre de los contactos y según ello manda las electroválvulas de los amortiguadores.



9.70. Sensor de frenado.



9.71. Funcionamiento del sensor de velocidad y ángulo de giro del volante.

Sensor de velocidad y ángulo de rotación del volante

Su misión es informar a la centralita sobre la posición angular del volante, así como de la velocidad con la cual se alcanza esta posición.

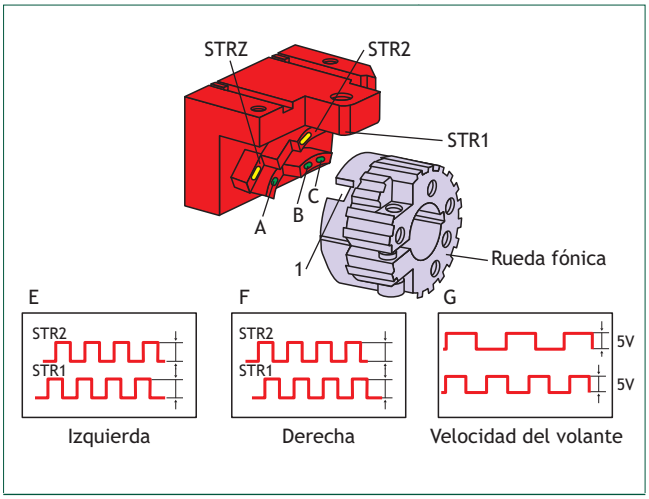
Está compuesto por una rueda fónica montada sobre el árbol de mando superior de la dirección y por el sensor de la dirección fijado al soporte.

El grupo está colocado en proximidad de la junta cardan de unión entre el árbol de mando superior de la dirección y el inferior.

El sensor está compuesto por tres led, A, B y C, interfasados a tres fotodiodos receptores, respectivamente STRZ, STR1 y STR2. La luz emitida por cada uno de ellos está dirigida hacia el fotodiodo correspondiente.

Los LED y los fotodiodos están colocados sobre dos circunferencias concéntricas con la rueda fónica interpuesta entre ellas (figura 9.71).

Los LED están colocados sobre la circunferencia interior, mientras que los fotodiodos se encuentran sobre la circunferencia exterior. Estos son alimentados por la centralita (334) con una tensión de cerca de 5 V y se cortan a masa a través de esta.



9.72. Sensor de velocidad y ángulo de rotación del volante.

Si se gira el volante, la luz golpea periódicamente los fotodiodos a través de las lentes (2), equidistantes entre si y presentes a lo largo de la circunferencia de la rueda fónica (3). La centralita electrónica, para cada variación (luz-oscuridad), detecta entre el PIN 1 (STRZ), PIN 6 (STR1), PIN 11 (STR2) y PIN 9 de masa del conector (A), una tensión con forma de onda cuadrada de cerca de 5 V.

El LED A y el fotodiodo STRZ, colocados al mismo nivel de la hendidura (1), tienen la tarea de informar a la centralita electrónica de que el coche está marchando en línea recta. En esta condición, la hendidura (1) (figura 9.72) permite el pasaje de la luz del led (A) al fotodiodo STRZ, mientras que los led B y C no iluminan a los respectivos fotodiodos STR1 y STR2.

La centralita reconoce el sentido de rotación en base a la lógica siguiente: si la señal le llega antes desde el fotodiodo STR1 y luego desde el fotodiodo STR2, significa que el coche está virando hacia la izquierda. En cambio, si la señal del fotodiodo STR2 precede la del fotodiodo STR1, significa que el coche vira hacia la derecha.

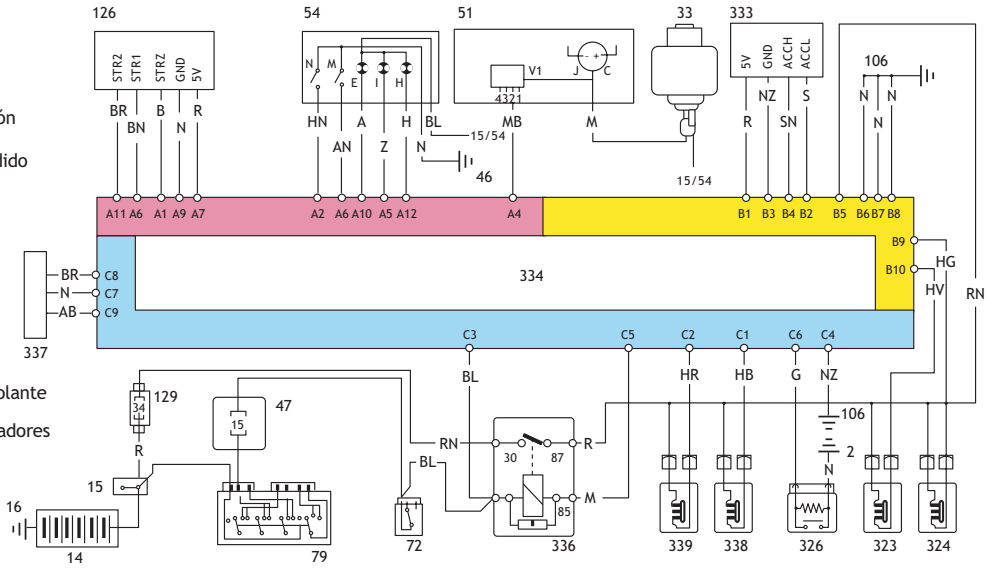
El ángulo de virada es reconocido por la centralita electrónica en base al número de las señales enviadas por el fotodiodo. Siendo veinte el número de las hendiduras, cada señal enviada a la centralita por cada uno de los fotodiodos corresponde a una rotación del volante de 18° (360° : 20 = 18°).

La velocidad del volante es reconocida por la frecuencia de estas señales: una frecuencia menor representa una maniobra lenta, una frecuencia mayor representa una maniobra veloz.

Esquema eléctrico

14. Batería
16. 46, 106. Masas
33. Generador de impulsos
47, 129. Fusibles
51. Sensor tacomético
54. Grupo de selección
54 M-N. Interruptor de suspensión
72. Conmutador luces stop
79. Conmutador de encendido

126. Sensor de velocidad y ángulo de rotación del volante
323, 324. 338 y 339. Válvulas de los amortiguadores
326. Sensor de frenado
333. Sensor de aceleración
334. UEC
336. Telerruptor
337. Toma de diagnosis
STR. Fotodiodos



9.73. Esquema eléctrico de la suspensión autonivelante.

Autodiagnóstico

La unidad electrónica de control va equipada con un sistema de autodiagnosis que controla los principales componentes de la instalación y, en caso de anomalías, interviene poniendo a la instalación en la condición de máxima seguridad (amortiguadores en condición HARD), protegiéndolos de ulteriores averías.

En caso de avería de poca importancia, por las bobinas de las electroválvulas corre una corriente mínima, mientras que, en caso de una avería mayor, no circula corriente por las bobinas. Los elementos controlados por la autodiagnosis son:

– Testigo señalización avería (color rojo).
– Telerruptor de alimentación de las electroválvulas.
– Electroválvulas.
– Sensor de aceleración vertical o acelerómetro.
– Sensor de velocidad y rotación del volante (sensor de dirección).
– Sensor tacométrico.
– Sensor de frenado.

3.3 > Amortiguadores hidroneumáticos autonivelantes

Estos amortiguadores reaccionan de forma automática ante una carga creciente, sin que se necesiten componentes adicionales para la regulación del nivel, como bombas o sensores externos.

Estos sistemas, los amortiguadores están formados por un depósito de aceite a alta presión, separado de la cámara de compensación y una bomba hidráulica con accionamiento mecánico instalada en la varilla de émbolo. Todos ellos están integrados en el amortiguador.

El principio de funcionamiento consiste en accionar la bomba hidráulica que va integrada a partir de los movimientos verticales del vehículo.

Mediante el movimiento de bombeo se transporta aceite hidráulico de la cámara de compensación hacia el depósito de aceite a alta presión.

Esta operación hace que se genere una presión más intensa en la cámara de trabajo y en el depósito de aceite a alta presión, con lo cual se comprime más intensamente la carga de gas que se encuentra debajo del émbolo separador (muelle de gas presurizado). De esa forma, la fuerza con la que emerge la varilla de émbolo se apoya sobre el émbolo separador.

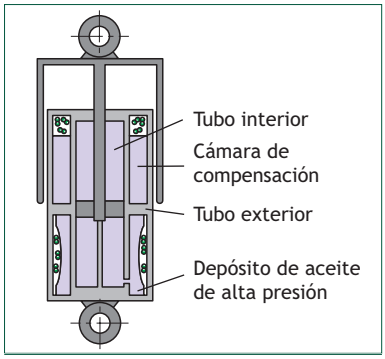
Actualmente existen dos sistemas hidroneumáticos con unidades autonivelantes:

– Amortiguadores según el principio del Hydromat.
– Amortiguadores según el principio del Nivomat.

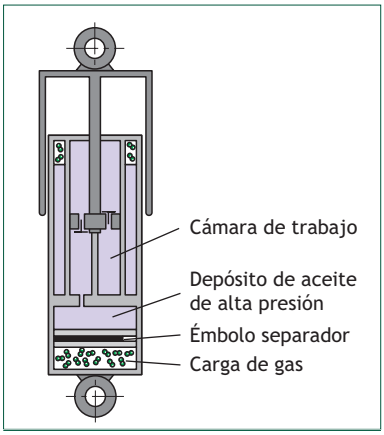
Amortiguador Hydromat

En el amortiguador Hydromat, la cámara de compensación y el depósito de aceite a alta presión se encuentran entre los tubos interior y exterior.

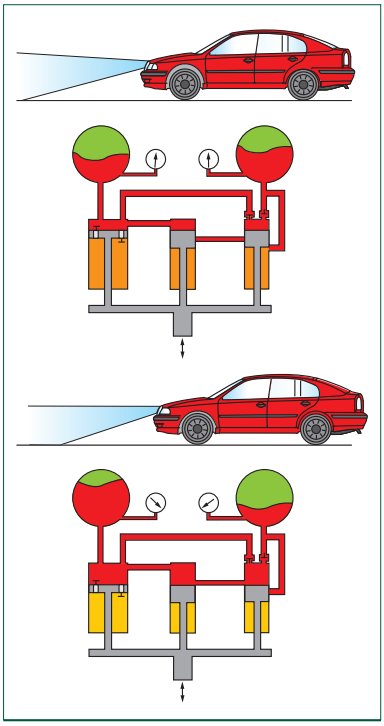
Su arquitectura permite renunciar a muelles helicoidales mecánicos adicionales para su aplicación en la suspensión de un vehículo (sistema completamente portante).



9.74. Amortiguador Hydromat.



9.75. Amortiguador Nivomat.



9.76. Funcionamiento del Nivomat.

Por ello, el sistema Hydromat requiere un mayor espacio de instalación que un amortiguador convencional.

Amortiguador Nivomat

Mediante la disposición del depósito de aceite a alta presión con el émbolo separador por encima o por debajo de la cámara de trabajo, el principio del Nivomat permite una construcción muy compacta y de fácil montaje.

Este sistema sustituye al amortiguador convencional en la suspensión del vehículo, pero necesita un muelle helicoidal mecánico (sistema parcialmente portante).

Expansión de la suspensión

La bomba (4) del Nivomat es accionada a través del vástago de émbolo (6). Al salir el vástago de émbolo (6) (movimiento de tracción), aumenta la cámara de bombeo.

El aceite es succionado del depósito de reserva de baja presión (2), a través del tubo de aspiración, el vástago hueco de la bomba y la válvula de entrada abierta, hacia la cámara de bombeo.

Compresión de la suspensión

Al entrar el vástago de émbolo (6) (movimiento de compresión) disminuye la cámara de bombeo, se cierra la válvula de entrada y se abre la válvula de salida.

El aceite es presionado a la cámara de trabajo, entre el lado exterior del casquillo de mando y el lado interior del vástago de émbolo (6). De la cámara de trabajo se presiona al mismo tiempo aceite, a través del lado abierto del tubo cilíndrico, al acumulador de alta presión (1). El cojín de gas del acumulador de alta presión (1) se tensa crecientemente al bombear.

Mantenimiento del nivel

Al aproximarse al nivel del vehículo previsto, se libera una ranura espiral que se encuentra en el vástago de la bomba, y que estaba tapada hasta ahora por el casquillo de mando.

La ranura abierta forma un by-pass (3) entre la cámara de bombeo y el acumulador de alta presión (1). Esto conduce a que no se succione más aceite del depósito de reserva de baja presión (2), sino que solo se desplace aceite entre la cámara de bombeo y la cámara de trabajo.

Bajada del nivel

Si se descarga el vehículo en estado parado, el vástago de émbolo (6) sale primero más, ya que se perturba el equilibrio entre fuerza de salida y carga. Mediante este movimiento de salida mayor del vástago de émbolo (6) que, en la posición de nivel correcto, está tapado por el casquillo de mando. El orificio de salida (5) permite un flujo de aceite, desde el acumulador de alta presión (1) hacia el depósito de reserva de baja presión (2) que contiene a una reducción correspondiente de presión.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué ventajas ofrece la suspensión hiodroneumática?

2·· ¿Cuáles son los elementos del circuito hidráulico principal de la suspensión hidroneumática? ¿Para qué sirve cada elemento?

3·· Explica el funcionamiento del conjuntor-disyuntor.

4·· ¿Cuál es la misión de la válvula de seguridad en la suspensión hidroneumática?

5·· ¿Qué tipos de amortiguadores monta la suspensión hidroneumática? ¿Cuáles son sus características?

6·· ¿Cuál es la misión de la válvula anticaída?

7·· Explica los estados de funcionamiento de la suspensión hidractiva.

8·· ¿Qué señales de entrada recibe el calculador de la suspensión hidractiva? ¿Sobre qué actuadores trabaja?

9·· Explica el funcionamiento de la suspensión con regulación de nivel ADS.

10·· ¿Para qué sirve la válvula de rigidez de la suspensión con regulación de nivel y amortiguación controlada? ¿Y el resonador?

11·· ¿Qué es un amortiguador hidroneumático autonivelable?

.: APLICACIÓN :.

1·· Sustituye el líquido hidráulico de un vehículo con suspensión hidroneumática y realiza el purgado del circuito.

2·· Mide la presión de la fase de conjunción y de la fase de disyunción del conjuntor-disyuntor de una suspensión hidroneumática.

3·· Realiza la regulación de los mandos de altura de un vehículo con suspensión hidroneumática.

4·· Comprueba el funcionamiento del captador de presión de frenos de la suspensión hidractiva.

5·· Realiza la lectura y borrado de la memoria de averías de la suspensión hidractiva con un equipo de diagnóstico.

6·· Realiza la medición de la resistencia del sensor de frenado en un vehículo con suspensión con regulación de nivel y amortiguación controlada.

- Comprueba la resistencia de las electroválvulas de los amortiguadores.
- Comprueba con un osciloscopio la señal del sensor de aceleración vertical de la carrocería.

7·· Sustituye unos amortiguadores convencionales por unos del tipo Nivomat.

Caso final

Sustitución del líquido LHM, el acumulador principal y las esferas en un vehículo con suspensión hidroneumática

•• En los trabajos de mantenimiento de un vehículo Citroën Xantia HDI, tras pasar el periodo de mantenimiento de aproximadamente 60 000 km, se deben sustituir el líquido LHM, el acumulador principal y las esferas de suspensión.

Sustituye el acumulador principal, las esferas de suspensión y el líquido hidráulico LHM.

Solución •• La operación de mantenimiento se realiza de la siguiente manera:

1. En primer lugar, coloca el vehículo en la posición baja, actuando sobre el mando manual de alturas del interior (figura 9.77).

2. Abre el tornillo de descarga de presión colocado en el conjuntor-disyuntor (figura 9.78). En este momento, el circuito ya no tiene presión y puedes cambiar las esferas y el acumulador principal.

3. Sustituye el acumulador principal (figura 9.79). Este se distingue de las esferas fácilmente ya que no dispone de amortiguador y presenta presión de tarado distinta.

9.77. Posición de descenso del vehículo.

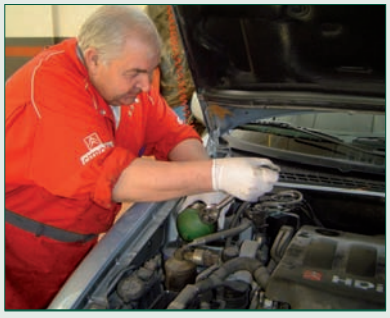
9.78. Apertura del tornillo de descarga.

9.79. Aflojar la esfera del acumulador principal.

4. Coloca la junta nueva y rosca el acumulador a mano (figura 9.80).

5. Cambia las esferas delanteras, aflojando con la llave de cinta (figura 9.81) y realiza el mismo proceso que en el acumulador principal. Las esferas disponen de amortiguadores encastrados (figura 9.82).

9.80. Sustitución de la junta del acumulador.



9.81. Desmontaje de las esferas delanteras.

9.82. Esfera con amortiguador.

6. Sustituye las esferas traseras. Para ello debes aflojarlas sujetando con un desmontable para que no se giren (figura 9.83).

7. Sustituye las juntas (figura 9.84) y rosca la esfera manualmente hasta que se pueda apretar fuertemente a mano (figura 9.85).

9.83. Aflojar la esfera trasera.

9.84. Sustitución de la junta por una nueva.

9.85. Montaje de la esfera.

8. Cambia el líquido LHM, aspirándolo del depósito con un equipo de aspiración (figura 9.86) y sustitúyelo con cuatro litros aproximadamente de líquido nuevo (figura 9.87). Una vez lleno el depósito cierra el tornillo del conjuntor-disyuntor para que el circuito se encuentre cerrado cuando se arranque el motor (figura 9.88).

9.86. Aspiración del aceite del depósito.

9.87. Reposición de líquido.

9.88. Cierre del tornillo del conjuntor.

9. Arranca el motor (figura 9.89) y coloca el vehículo en la posición media. Acelera hasta alcanzar las 2 000 rpm y espera a que se apaguen las luces del cuadro indicadoras de falta de presión (figura 9.90).

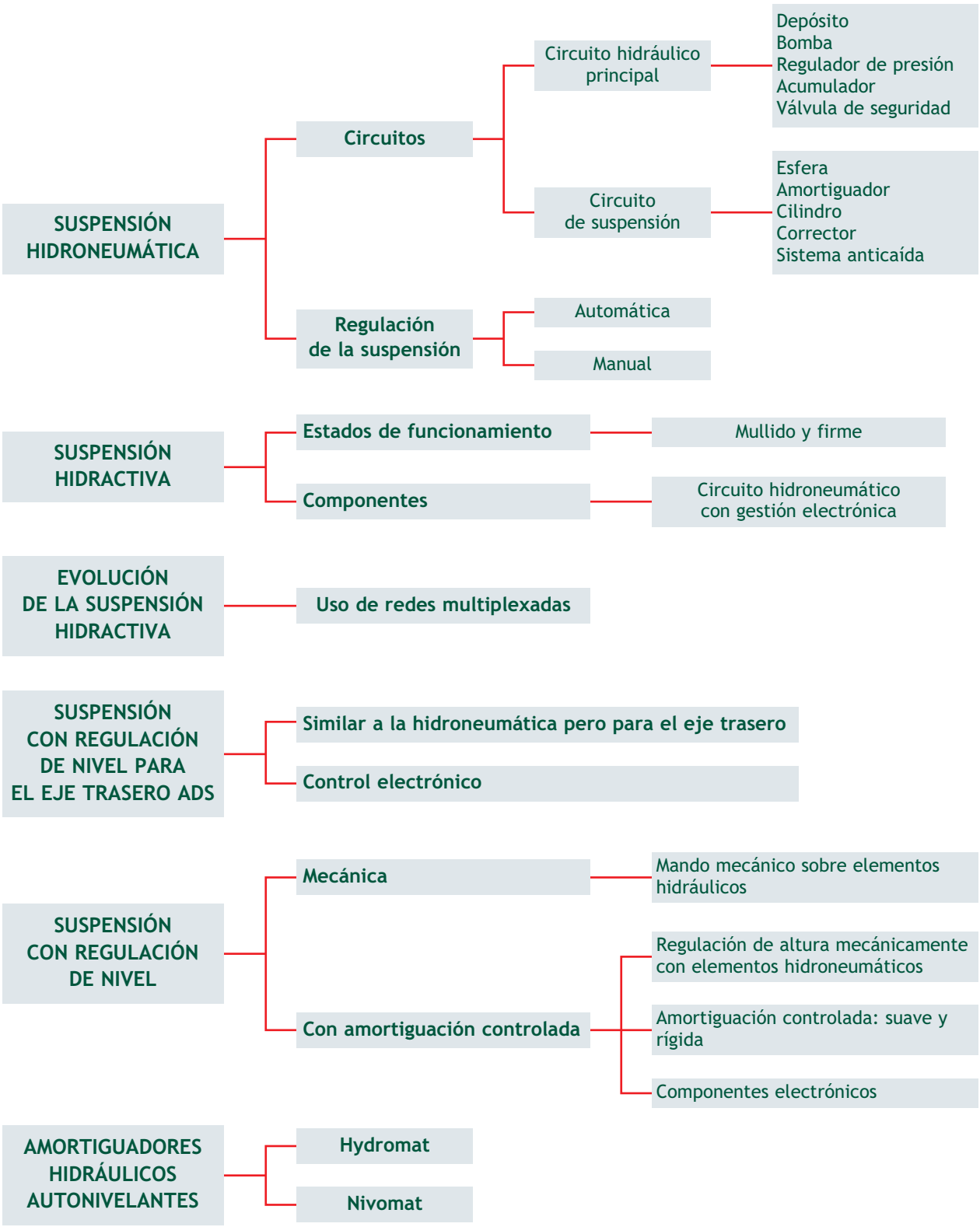
10. Comprueba que el indicador de nivel colocado en el depósito se encuentra superando la segunda línea (figura 9.91).

9.89. Puesta en marcha.

9.90. Lámparas indicadoras de falta de presión.

9.91. Indicador de nivel.

Ideas clave


SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA
Circuitos
Circuito hidráulico principal
Depósito
Bomba
Regulador de presión
Acumulador
Válvula de seguridad
Circuito de suspensión
Esfera
Amortiguador
Cilindro
Corrector
Sistema anticaída
Regulación de la suspensión
Automática
Manual
SUSPENSIÓN HIDRACTIVA
Estados de funcionamiento
Mullido y firme
Componentes
Circuito hidroneumático con gestión electrónica
EVOLUCIÓN DE LA SUSPENSIÓN HIDRACTIVA
Uso de redes multiplexadas
SUSPENSIÓN CON REGULACIÓN DE NIVEL PARA EL EJE TRASERO ADS
Similar a la hidroneumática pero para el eje trasero
Control electrónico
SUSPENSIÓN CON REGULACIÓN DE NIVEL
Mecánica
Mando mecánico sobre elementos hidráulicos
Con amortiguación controlada
Regulación de altura mecánicamente con elementos hidroneumáticos
Amortiguación controlada: suave y rígida
Componentes electrónicos
AMORTIGUADORES HIDRÁULICOS AUTONIVELANTES
Hydromat
Nivomat

El Citroën DS

Corría el año 1955 y Citroën preparaba lo que algunos medios especializados de la época calificaban como de bomba. Se trataba del sustituto del primer tracción delantera de la marca, el 11 Ligero de 1934. Fue en el Salón del Automóvil de París de ese año cuando el constructor del doble *chevron* presentó el DS, más tarde ID 21 y 23, un coche revolucionario en todos los aspectos, no solo estéticamente, como se confirmaría allí mismo.

El emblemático modelo que aportó soluciones (como la suspensión hidroneumática) que emplea hoy en día Citroën en sus modelos de gama y otros fabricantes (como los faros autodireccionales) era, y sigue siendo, un automóvil muy especial en todos los sentidos.

El propio André Citroën contrató a las dos personas artífices del DS en su conjunto. Se trataba de Flaminio Bertoni, diseñador, y de André Lefèvre, ingeniero. Entre los dos dieron forma y contenido a la carrocería del DS, todo un hito que hoy en día sigue levantando muchas pasiones.

Como en todo coche, el diseño original produjo numerosos bocetos, y el propio Bertoni tuvo que luchar hasta el final para defender una parte trasera mucho más baja que finalmente dio como resultado un curioso diseño a medio camino entre el requerimiento de la marca y el gusto del propio diseñador. La directriz de Citroën fue «levantar» el techo para tener suficiente altura para la cabeza en los asientos posteriores. Así nacieron los intermitentes posteriores por encima de una luna trasera más abombada que la original, todo un ejercicio de estilo; uno de los muchos que encierra este coche.

Lefèvre tenía un gran conocimiento de aerodinámica y de ahí el morro tan afilado que dio origen al apelativo español de «Tiburón». Para aligerar peso, el capó era de aluminio y el techo de plástico. Además, el «Tiburón» fue un coche revolucionario porque gran parte de la estructura de la carrocería era desmontable fácilmente, ya que los paneles exteriores de las aletas, las puertas, etc., iban atornillados en vez de soldados. Una solución que Citroën empleó mucho más tarde, por ejemplo, con el famoso el 2 CV.

Fuente: www.citroen.com
2007

9.92. Citroën DS «Tiburón».

Fuente: AUDI

unidad 10

Suspensión neumática y sistemas antibalanceo

SUMARIO

- La suspensión neumática en automóviles y vehículos industriales: regulación de nivel y suspensión integral
- Suspensión con amortiguación adaptativa
- Sistemas antibalanceo en los vehículos

OBJETIVOS

- Conocer el sistema de suspensión neumática con regulación de nivel para el eje trasero y el sistema de suspensión neumática integral de los vehículos.
- Conocer los sistemas antibalanceo utilizados en los vehículos.
- Estudiar los componentes y el funcionamiento de los sistemas.
- Analizar las ventajas e inconvenientes con los sistemas de suspensión mecánicos.
- Realizar prácticas de mantenimiento, verificación de presiones y reparación de las suspensiones neumáticas.

1 >> Suspensión neumática

En el comportamiento dinámico de los vehículos influyen factores como su carga, la velocidad de marcha, la altura de la carrocería, etc. A partir de estos y otros factores se determinan los tarados y reglajes de la suspensión, de tal manera que se garantiza el compromiso entre seguridad y confort.

La suspensión neumática basa su funcionamiento en las propiedades que ofrece el aire sometido a presión. En esta suspensión, se sustituye el resorte mecánico (muelle, ballesta o barra de torsión) por un fuelle o cojín de aire que varía su coeficiente de rigidez.

La suspensión neumática permite:

– Adaptar la carrocería a distintas alturas en función de las necesidades de marcha.
– Adaptar la suspensión y la amortiguación a la estructura de la calzada y a la forma de conducir.

Esta suspensión se caracteriza por su elevada flexibilidad, notable capacidad de amortiguación de las vibraciones y por la autorregulación del sistema que permite mantener constante la distancia entre le chasis y la superficie de la carretera independientemente de la carga presente en el vehículo.

Se trata de una suspensión de un coste elevado, ya que integra numerosos componentes y necesita de una instalación de aire comprimido para su funcionamiento. Es muy utilizada en vehículos industriales (autobuses, camiones y furgonetas), en turismos de alta gama como el Audi A8, el Mercedes Clase E, S, R, etc. y algunos todo terreno como el VW Touareg, el Range Rover y el Audi Q7 entre otros.

A lo largo de la unidad didáctica se desarrolla la suspensión neumática en automóviles y su evolución, así como la suspensión neumática en vehículos industriales.

10.1. Prototipo con suspensión neumática inteligente. Fuente: Audi.

10.2. Vehículo con suspensión neumática inteligente. Fuente: Audi.

2 >> Suspensión neumática en automóviles

Cada día es más generalizado el uso de la suspensión neumática en los automóviles. La suspensión neumática en estos nació gracias a la necesidad de compensar la altura de la carrocería cuando el vehículo se sometía a carga en el eje trasero. Posteriormente se aplicaron estas y otras ventajas como la flexibilidad variable a todo el vehículo montando suspensión neumática a las cuatro ruedas.

La suspensión neumática, ya sea en el eje trasero o integral a las cuatro ruedas, necesita básicamente de los mismos componentes para su funcionamiento.

En los automóviles y vehículos 4 × 4, la suspensión neumática ofrece la posibilidad de poder variar la altura de la carrocería manual o automáticamente en función de la velocidad, de las características de la calzada y el estilo de conducción. Se conecta o desconecta la suspensión en las patas telescópicas con un volumen de aire adicional.

2.1 > Regulación de altura para el eje trasero

La regulación neumática de altura para el eje trasero se combina con muelles de acero y amortiguadores para el eje delantero. Con esta suspensión se mantiene la carrocería siempre en la posición de diseño regulada por el fabricante, a base de adaptar la presión en los muelles neumáticos.

Gracias a que se adapta la presión del aire en las balonas neumáticas según la carga del vehículo, cualquier modificación en el coeficiente de rigidez de los muelles es proporcional a la masa muelleada. De esta forma se consigue que la frecuencia propia de la carrocería y el confort de conducción se mantengan constantes sin tener en cuenta el estado de carga del vehículo.

10.3. Vehículo con suspensión neumática con regulación de nivel para el eje trasero.

Constitución de la suspensión con regulación de altura

La suspensión con regulación de altura está formada por los siguientes componentes:

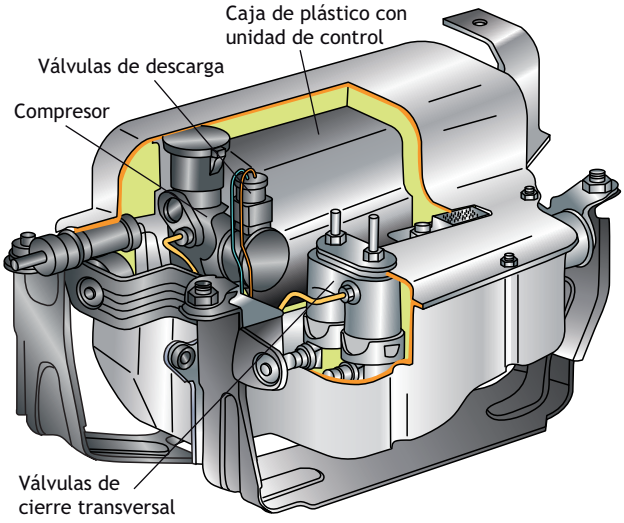
– Grupo de alimentación de aire.
– Transmisor de nivel.
– Muelles neumáticos.
– Testigo luminoso de regulación de nivel.

Grupo de alimentación de aire

El grupo de alimentación (figura 10.4) consiste en una caja metálica donde están agrupados los siguientes componentes:

– Compresor con filtro deshidratador y válvulas de descarga.
– Válvulas de suspensión o cierre transversal.
– Unidad de control.
– Relé para el compresor.

Este elemento alberga los componentes de la suspensión de manera compacta para su fácil montaje. Está unido a la carrocería mediante *silentblocks* que evitan que las vibraciones producidas en su funcionamiento sean transmitidas a la carrocería.

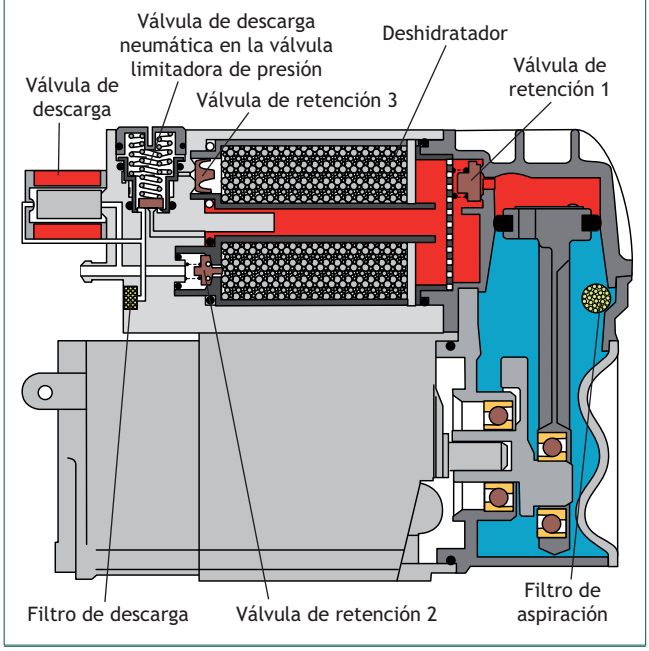


10.4. Grupo de alimentación de aire.

Compresor

> **El compresor es el encargado de generar el aire a presión al circuito. Está desprovisto de engrase para evitar que partículas de aceite puedan llegar a los resortes neumáticos.**

Para proteger el compresor contra un posible sobrecalentamiento, la unidad de control calcula la temperatura de este mediante sus tiempos de funcionamiento y enfriamiento. Si se sobrepasa el tiempo de funcionamiento máximo se memoriza una avería en la unidad de control.

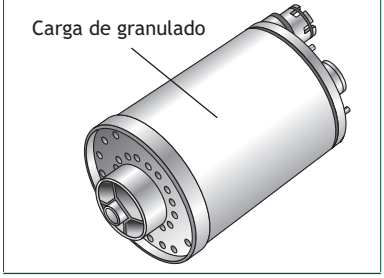


10.5. Compresor.

Filtro deshidratador

> **El filtro deshidratador es el encargado de evitar el agua condensada. Consiste en un deshidratador regenerativo a través del aire residual, formado por un secante granulado de silicato sintético capaz de almacenar una cantidad de agua equivalente hasta un 20% de su propio peso, según la temperatura.**

El filtro deshidratador evita los problemas de corrosión y congelación. Si existe agua o humedad en el sistema, indica que existe un fallo en el funcionamiento del deshidratador o del propio sistema.



10.6. Filtro deshidratador.

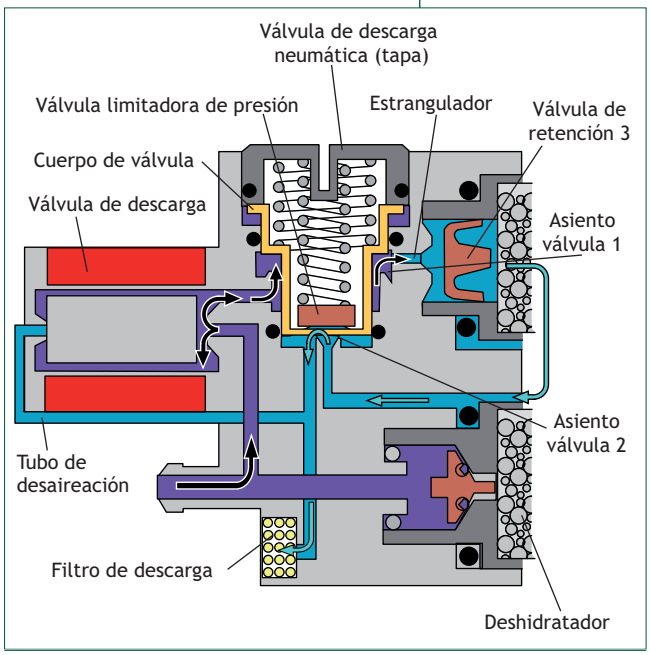
Válvula de descarga

La válvula de descarga es del tipo 3/2, tres vías y dos posiciones, normalmente cerrada N/C. Su misión es la descarga de aire para el descenso del vehículo.

Cuando se solicita el descenso, la unidad de control excita la válvula de descarga, conjuntamente con ambas electroválvulas de suspensión.

Válvula de descarga neumática

La válvula de descarga neumática asume la función de mantener la presión residual y la de limitar la presión.



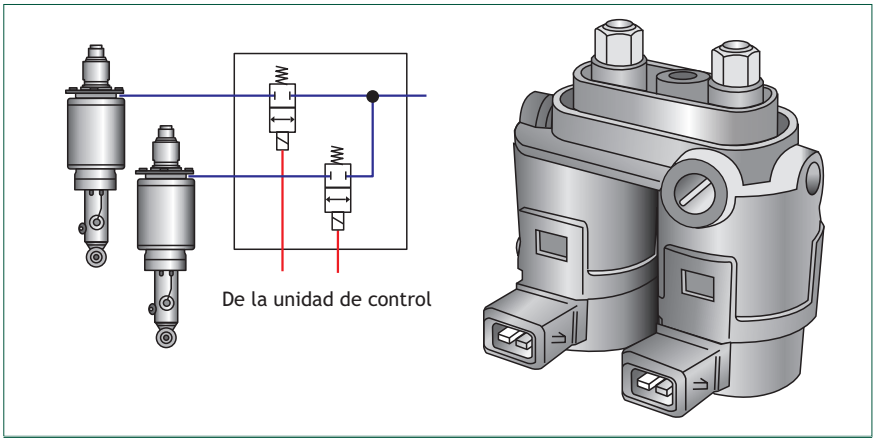
10.7. Válvula de descarga neumática.

– **Mantenimiento de presión.** La válvula se encarga de que la presión no baje en el sistema de 3 ó 4 bar al descargarla, excepto en el caso de que existan fugas antes de la válvula de descarga.
– **Limitación de la presión.** La válvula protege el sistema contra una presión excesiva, provocada por la no desconexión del compresor debido a un contacto defectuoso en el relé o a una avería en la unidad de control. Cuando existe sobrepresión la válvula limitadora de presión se abre superando la fuerza del muelle y dejando escapar la presión a través del filtro de descarga.

Válvulas de suspensión

Las electroválvulas neumáticas de la suspensión son del tipo 2/2, dos vías y dos posiciones. También se les conoce con el nombre de válvulas de cierre transversal. Se utilizan para cargar y descargar los muelles neumáticos. Su estado es normalmente cerrado N/C, de tal manera que evitan una compensación entre los muelles neumáticos izquierdo y derecho.

En caso de que ocurra dicha compensación, se produciría un balanceo indeseado del vehículo en las curvas.



10.8. Electroválvulas de suspensión.

Las válvulas de suspensión se excitan a la vez para los ciclos de ascenso y descenso, ya que solo pueden regular el eje completo.

Tras realizar un ciclo de regulación durante la marcha con una velocidad superior a 10 km/h, las electroválvulas se abren tres veces durante aproximadamente 3 segundos, en un intervalo de 12 segundos. De esta manera se establece una compensación de las presiones entre el muelle neumático izquierdo y derecho.

Unidad de control

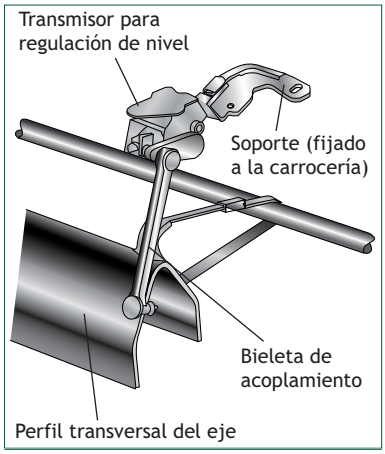
La unidad de control es una centralita electrónica que realiza las funciones de regulación de la suspensión y permite vigilar y diagnosticar el sistema en su conjunto.

La unidad de control determina el nivel del vehículo gracias al transmisor de nivel. La altura del eje trasero se compara y se regula en caso necesario teniendo en cuenta los parámetros de entrada transmitidos por los sensores y por los parámetros internos de regulación.

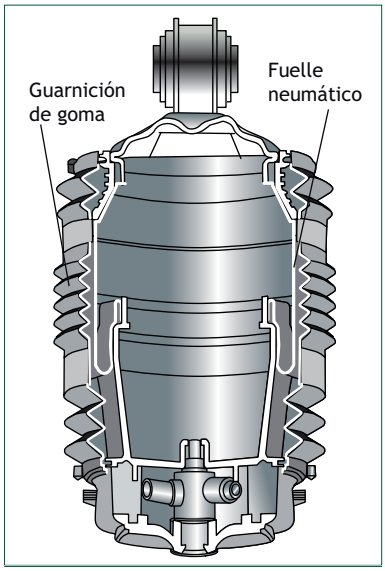
Relé para el compresor

El relé del compresor alimenta directamente de batería al motor eléctrico del compresor cuando es solicitado por la unidad de control.

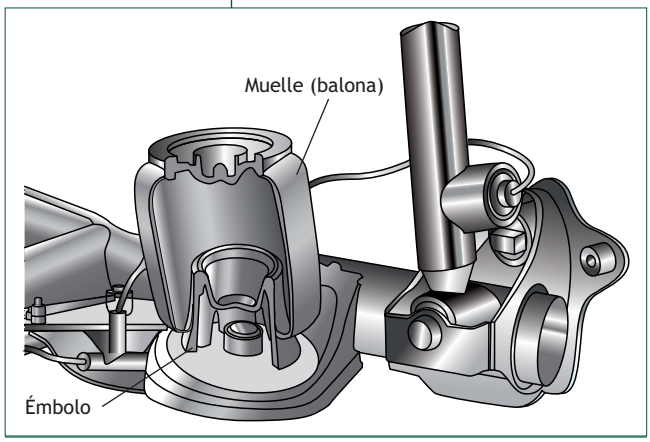
– **Transmisor de nivel.** Para la regulación de nivel del eje trasero el vehículo utiliza un transmisor o sensor de nivel capaz de detectar la contracción que realiza el eje trasero con respecto a la carrocería.
Este transmisor goniométrico colocado en el eje trasero mediante un mecanismo de bieletas trabaja según el principio hall. Un analizador electrónico integrado en el sensor transforma las señales del circuito integral hall en una señal de tensión proporcional al ángulo de giro.
– **Muelles neumáticos.** Los muelles neumáticos o balonas son unas bolsas de aire fabricadas en caucho, que permiten dilatarse con la presión del aire y deformarse cuando soportan una carga.
La balona lleva en el interior un pistón estanqueizado con el exterior, que permite que la bolsa de aire se pliegue sobre su perímetro exterior.
La elevación y descenso del nivel del eje trasero se realiza mediante el aumento o reducción del aire en la cámara de aire, lo que provoca una prolongación o acortamiento del muelle neumático.
Este aumento o reducción de aire se realiza a través de un racor instalado en el mismo alimentado directamente desde las electroválvulas de suspensión.
– **Testigo luminoso de regulación de nivel.** Consiste en una luz situada en el cuadro de mandos del conductor que se ilumina si existen fallos en el sistema de suspensión o al estar desactivado este. Este testigo parpadea en las siguientes circunstancias:
  - Cuando existen niveles extremadamente bajos o altos.
  - Durante el diagnóstico de actuadores.
  - Si está desactivada la regulación de nivel.



10.9. Montaje del transmisor de nivel en el eje trasero.



10.10. Muelle neumático.



10.11. Montaje del muelle neumático independiente del amortiguador en el eje trasero.

10.12. Testigo luminoso de regulación de nivel.

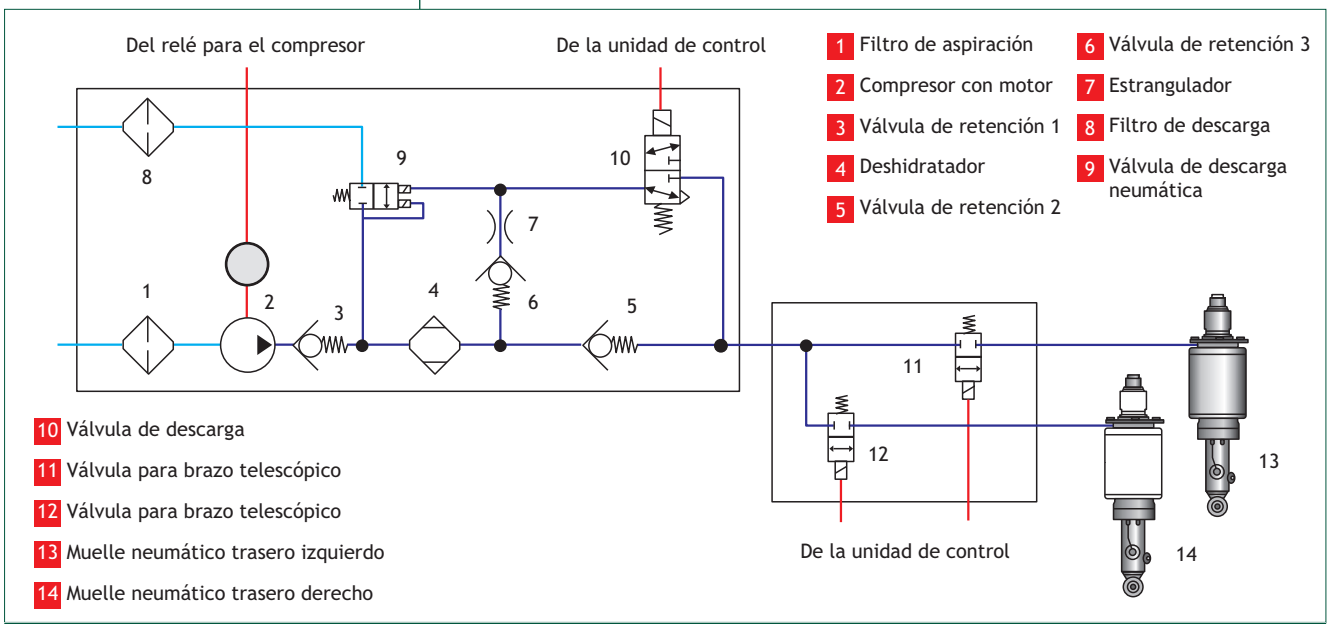
Debido a que el sistema realiza un autodiagnóstico del mismo, después de conectar el encendido se ilumina para verificar el correcto funcionamiento y se apaga en caso de no existir ninguna avería después de transcurrir el ciclo de verificación interno en la unidad de control.

Funcionamiento de la regulación de nivel

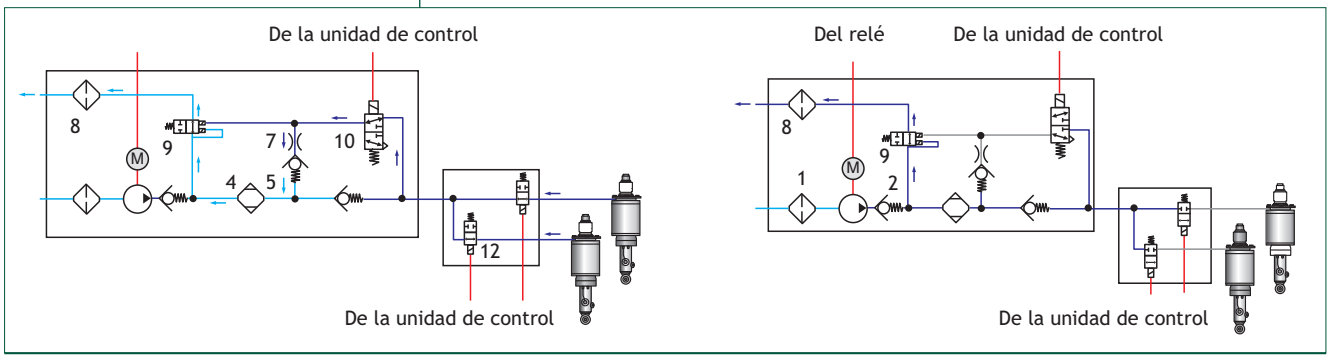
La regulación electrónica de nivel del eje trasero compensa la influencia de carga en dicho eje.

El compresor (2) movido por el motor eléctrico genera presión de aire suficiente para alimentar el sistema. En el movimiento ascendente del émbolo se aspira aire hacia el cárter del cigüeñal a través de un filtro sintetizado (1). En la zona superior al émbolo se comprime el aire, el cual pasa a través de la válvula de retención (3) hacia el deshidratador.

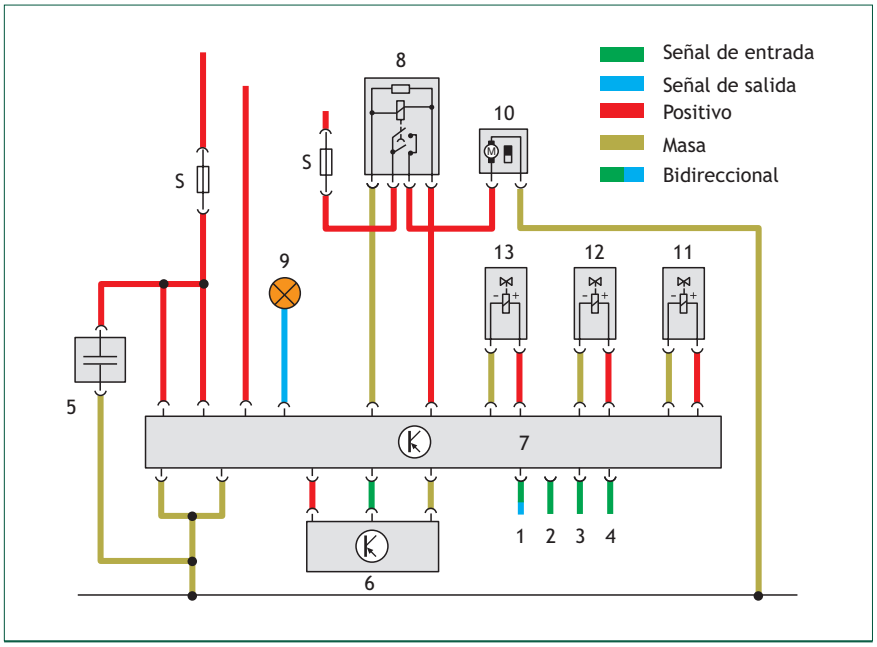
A través de la válvula de retención (5), el aire comprimido y deshidratado pasa al empalme de presión, el cual conduce hacia las electroválvulas (11 y 12) de la suspensión y alimenta los muelles neumáticos (13 y 14).



10.13. Esquema neumático de funcionamiento de la regulación de nivel.



10.14. Descarga y limitación de presión.



10.15. Esquema eléctrico de la suspensión neumática con regulación de nivel.

1 Interfaz para diagnósticos
2 Señal de velocidad de marcha
3 Señal para contacto de puerta
4 Señal para borne 50
5 Condensador
6 Transmisor para regulación de nivel
7 Unidad de control para regulación de nivel
8 Relé para compresor de regulación de nivel
9 Testigo luminoso para regulación de nivel
10 Motor para compresor
11 Válvula de descarga
12 Válvula para brazo telescópico trasero izquierdo
13 Válvula para brazo telescópico trasero derecho
S Fusible

Estas válvulas son excitadas a través de la unidad de control cuando esta detecta que es necesario una regulación del sistema.

En caso de que el vehículo necesite descender de nivel porque se le haya eliminado carga, la unidad de control excita a la vez la válvula de descarga (11) y las electroválvulas de suspensión (12 y 13), con lo que el vehículo desciende.

La presión del muelle neumático pasa a la válvula de descarga neumática (11) y sigue desde ahí a través del deshidratador y la válvula limitadora de presión hacia el exterior.

Esquema eléctrico y verificación del sistema

La suspensión electrónica con regulación de nivel permite su verificación mediante el equipo de diagnosis. Si existe una avería detectada por el equipo de diagnosis, este nos remite a la fuente de la avería. En este caso se realizarán las pruebas descritas en la tabla de averías del fabricante.

En vehículos donde el autodiagnóstico no hace referencia al motivo de la avería se debe efectuar la verificación eléctrica completa con multímetro.

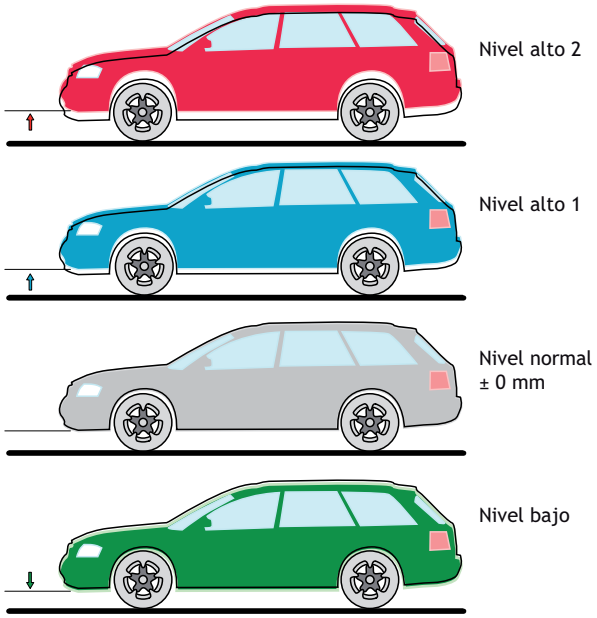
Actividades propuestas

1 ·· Analiza el anterior esquema eléctrico-neumático y contesta a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué elemento eléctrico, si tuviera un mal funcionamiento, dejaría sin información de la altura del vehículo en el eje trasero a la unidad de control?
b) ¿A través de qué elemento se alimenta el motor eléctrico del compresor?
c) Además de las electroválvulas (12 y 13) en el esquema neumático, ¿qué válvula es necesaria para bajar el nivel del vehículo?

2.2 › Suspensión neumática integral

El sistema de suspensión neumática integral, en las 4 ruedas, mantiene la altura del vehículo a un valor teórico constante mediante un sistema de amortiguación neumática en el eje delantero y en el eje trasero, independiente de la carga.



10.16. Alturas del vehículo. Fuente: Audi.

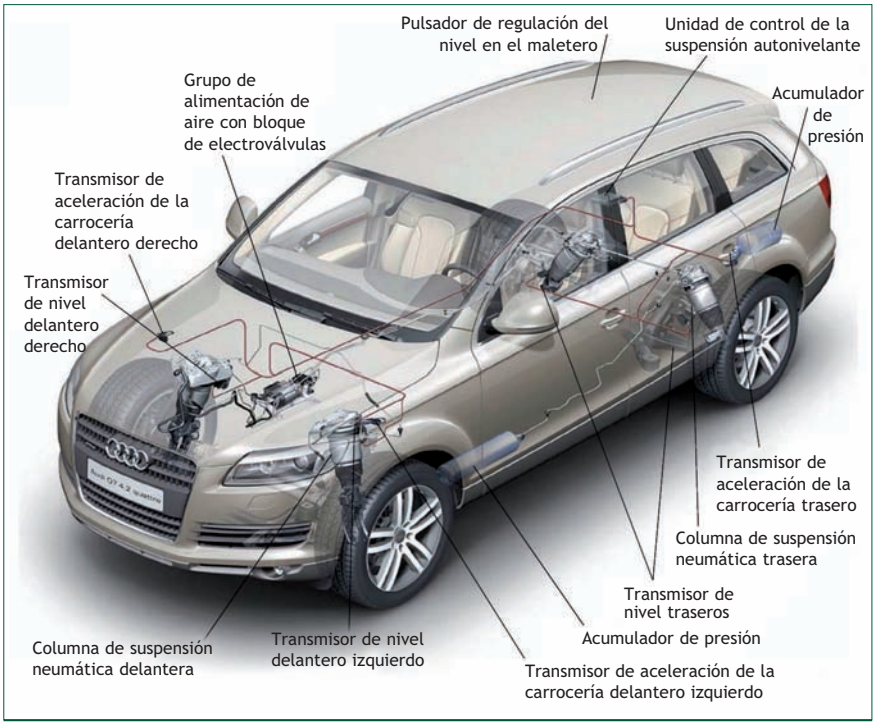
En esta suspensión, la distancia entre el eje y la carrocería es determinada por cuatro sensores de altura llamados **transmisores de nivel del vehículo.**

En el caso de existir diferencias con respecto al valor teórico, mediante el compresor y las electroválvulas de suspensión se varía el volumen de aire en el muelle neumático, que vuelve a regular la altura de la carrocería hasta alcanzar el valor teórico.

Además de ofrecer una suspensión de progresividad variable, gracias al muelle neumático esta suspensión ofrece la posibilidad de variar la altura del vehículo a varias posiciones, generalmente cuatro.

El ajuste del nivel permite elevar o bajar el nivel del vehículo de forma manual y automáticamente en función de la velocidad.

Este tipo de suspensión es montada en turismos y en vehículos mixtos o todo terreno por su gran adaptabilidad a las distintas circunstancias de utilización.

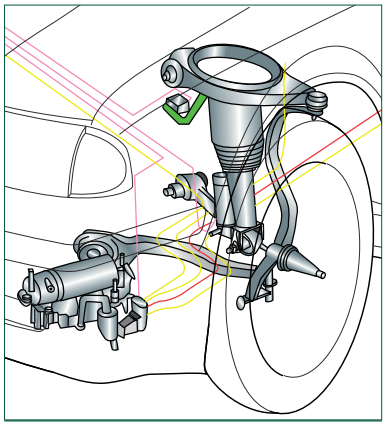


10.17. Todo terreno con suspensión neumática integral. Fuente: Audi.

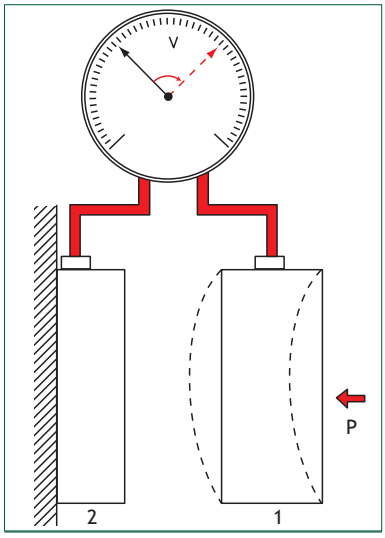
Constitución de la suspensión neumática integral

Esta suspensión comparte la mayoría de componentes de la suspensión neumática con regulación en el eje trasero. Algunos de ellos los modifica para la nueva suspensión e incorpora otros para realizar las nuevas funciones.

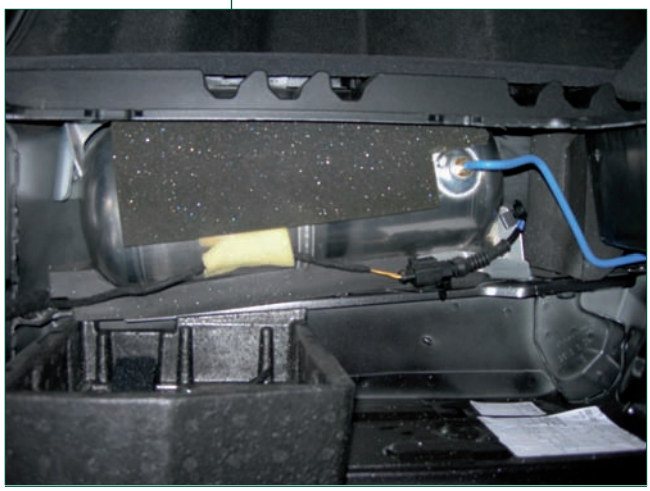
– **Grupo de alimentación de aire.** El grupo de alimentación es similar al visto en la suspensión con regulación de nivel. En función del tipo de suspensión y de sus características puede incorporar elementos como el sensor de temperatura, etc.
– **Sensor de temperatura del compresor.** Este sensor consiste en una resistencia NTC capaz de detectar la temperatura en la culata del compresor. Su resistencia se reduce a medida que aumenta la temperatura. La variación de la resistencia es analizada por la unidad de control de la suspensión para determinar el tiempo de funcionamiento de esta.
– **Bloque de válvulas electromagnéticas.** El bloque de válvulas electromagnéticas incluye el sensor de presión y las electroválvulas que excitan los muelles neumáticos y el acumulador de presión.
– **Sensor de presión.** Mide las presiones en los brazos telescópicos de los ejes delantero y trasero y en el acumulador de presión. Trabaja según el principio de medición capacitiva: la presión (P) que se va a medir, produce una desviación en una membrana de cerámica. Debido a ello, varía la distancia entre un electrodo (1) instalado en la membrana y un electrodo contrario (2) que se encuentra fijo sobre la carcasa del sensor.
Los electrodos constituyen un **condensador.** Cuanto menor es la distancia de los electrodos tanto mayor es la capacidad del condensador. La capacidad es medida por el sistema electrónico integrado y transformada en una señal lineal de salida.
La medición de las diferentes presiones se realiza durante la descarga o el llenado de los muelles o bien del acumulador. Las presiones determinadas de esa forma se memorizan y actualizan en la unidad de control. Mediante una excitación correspondiente de las válvulas electromagnéticas es posible determinar las presiones de los muelles neumáticos y del acumulador.
– **Depósito acumulador.** Consiste en un depósito metálico, generalmente de aluminio, cuya función es acumular el aire con el fin de asegurar los requisitos funcionales de la suspensión con mínimas aportaciones energéticas y disminuyendo el trabajo del compresor. El acumulador de presión permite efectuar una regulación ascendente, rápida y silenciosa. Si la presión de los acumuladores cae por debajo de los límites establecidos por el fabricante, el compresor se pone en funcionamiento y regula la presión de este.
En el sistema de regulación de altura no es necesaria la utilización de un depósito acumulador de aire en el eje trasero. En los sistemas de suspensión neumática integral se suele montar este elemento conectado a las electroválvulas de los muelles neumáticos para alimentar a estas en las pequeñas solicitaciones de aire durante el funcionamiento.



10.18. Montaje del grupo alimentador de aire en la suspensión airmatic.



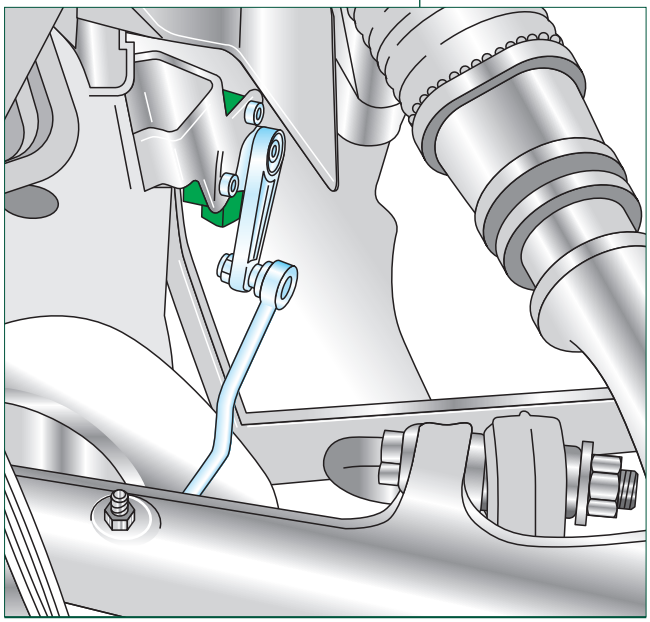
10.19. Principio de funcionamiento del sensor de presión.



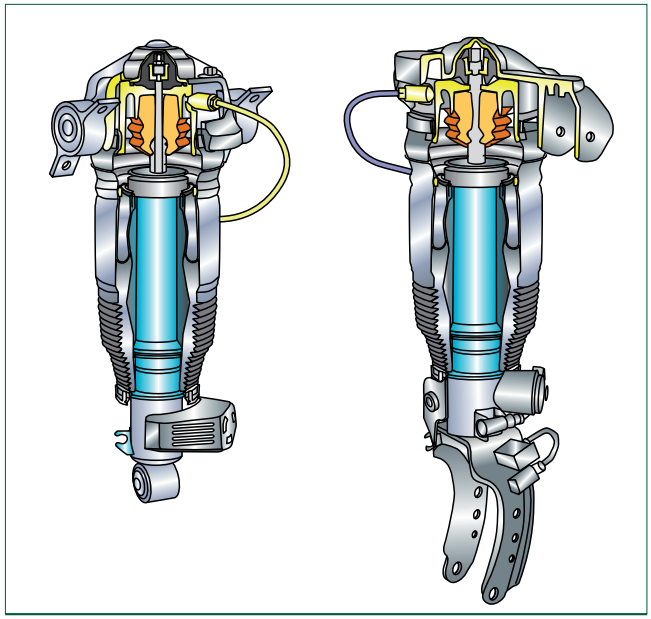
10.20. Montaje del acumulador en el maletero del vehículo.

10.21. Transmisor de nivel.

– **Transmisores de nivel.** Para la suspensión neumática integral, se montan cuatro transmisores de nivel, uno por rueda. Estos son similares a los utilizados en la suspensión con regulación de altura para el eje trasero.
En determinados modelos, los transmisores pueden ocuparse de la función de regulación del alcance de luces enviando, la información de la altura a la unidad de control de luces.
– **Muelle neumático.** Los muelles neumáticos pueden diferir de unas versiones a otras. Para el eje trasero, estos muelles pueden ser balonas independientes o balonas concéntricas al amortiguador.
Sin embargo, para el eje delantero el sistema más habitual son los muelles neumáticos concéntricos con el amortiguador. Estos asemejan su montaje y disposición a la suspensión McPherson.



10.22. Montaje del transmisor de nivel en el eje delantero.



10.23. Muelles neumáticos, trasero y delantero.

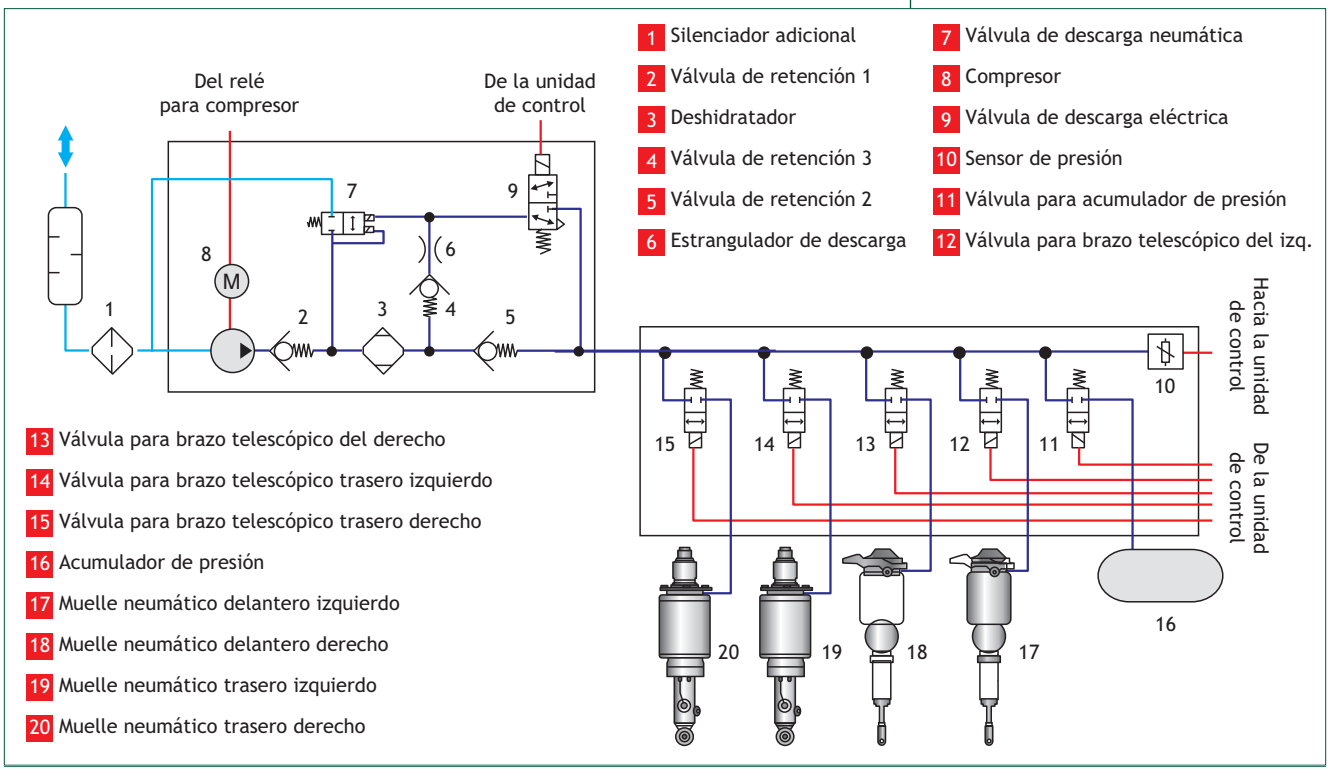
10.24. Panel de mandos de suspensión. Fuente: VW.

– **Panel de mandos.** El panel de mandos se encuentra en el habitáculo al alcance del conductor. Con este se pueden elegir de forma manual o automática las distintas alturas del vehículo.
Con las teclas de ascenso y descenso, el conductor puede seleccionar en cualquier momento un nivel correspondiente, en consideración de las condiciones básicas definidas en la estrategia de regulación.
Independientemente de la regulación manual, el vehículo a través de los distintos estados de funcionamiento y de las estrategias de regulación memorizadas en la unidad de control realiza otras correcciones de altura de forma automática.

Funcionamiento de la suspensión neumática integral

El sistema de suspensión neumática integral, en los ejes delantero y trasero, mantiene constante el nivel del vehículo al modo elegido por el conductor independientemente de la carga. Al hacerlo, el compresor suministra aire a las patas telescópicas por medio de las unidades de válvulas, hasta que se ha ajustado el nivel del vehículo. El nivel del vehículo en el eje delantero y en el eje trasero es registrado por los sensores de nivel y es transmitido a la unidad de control.

Cada bloque de suspensión o pata telescópica está comandado por una electroválvula que abre y cierra la comunicación con el circuito. Las electroválvulas de suspensión se excitan eléctricamente por parejas (eje delantero y eje trasero).



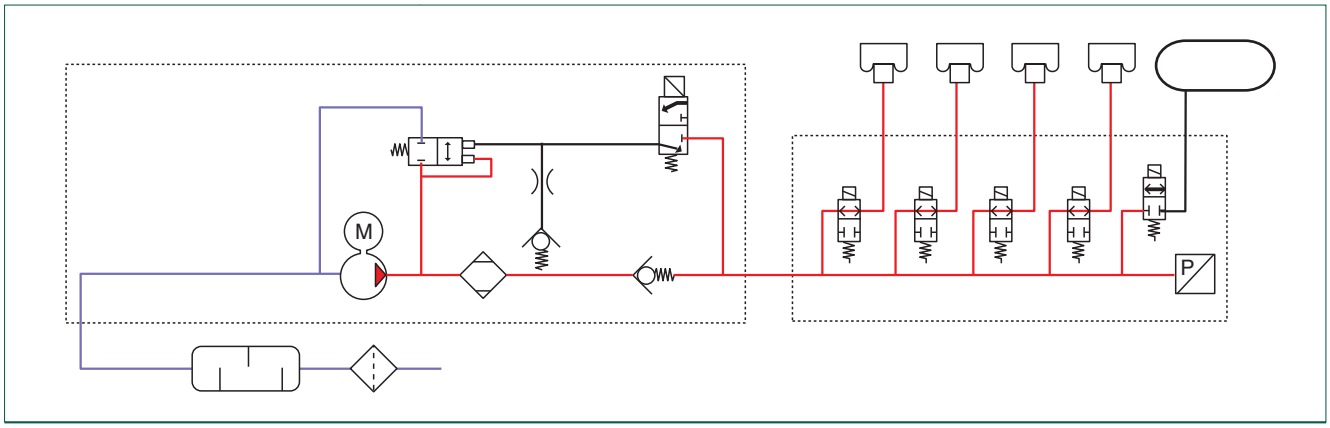
10.25. Esquema neumático de funcionamiento de la suspensión neumática integral.

El circuito funciona básicamente teniendo en cuenta dos periodos de funcionamiento: presurización y despresurización.

Periodo de presurización

El aire es aspirado por el compresor a través del filtro. Desde el compresor pasa por el deshidratador hacia la válvula de retención (5) y posteriormente a las electroválvulas que comandan los muelles neumáticos. Tras ser cargados los muelles neumáticos, el aire pasa a cargar el acumulador de presión cuando la electroválvula de este se encuentre abierta.

Si el vehículo se encuentra en posición lateralmente desigual, se excitan individualmente las electroválvulas de un mismo lado hasta compensar esa posición.

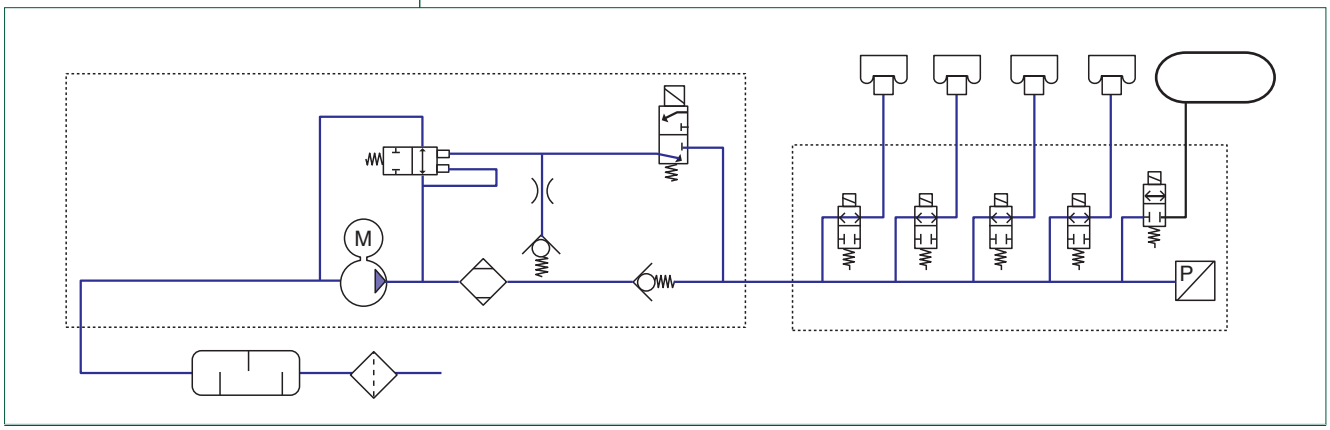


10.26. Presurización.

Periodo de despresurización

Las electroválvulas de los bloques de suspensión y la electroválvula de descarga se abren. El caudal del aire puede pasar a través de la válvula de descarga y abre así la válvula de descarga neumáticamente pilotada.

El caudal del aire abandona el sistema a través de la válvula de descarga neumática, el silenciador adicional y el filtro de aire. En esta función, el agente secante del deshidratador se regenera al pasar el aire por él.



10.27. Despresurización.

Función posición de bloqueo

Si la unidad de control detecta una descarga de todas las ruedas estando parado el vehículo, se cierran entonces las electroválvulas de las patas telescópicas. Con ello, el vehículo permanece en el nivel momentáneo. Ello es necesario, por ejemplo, al efectuar un cambio de rueda o en trabajos de reparación sobre plataforma elevadora.

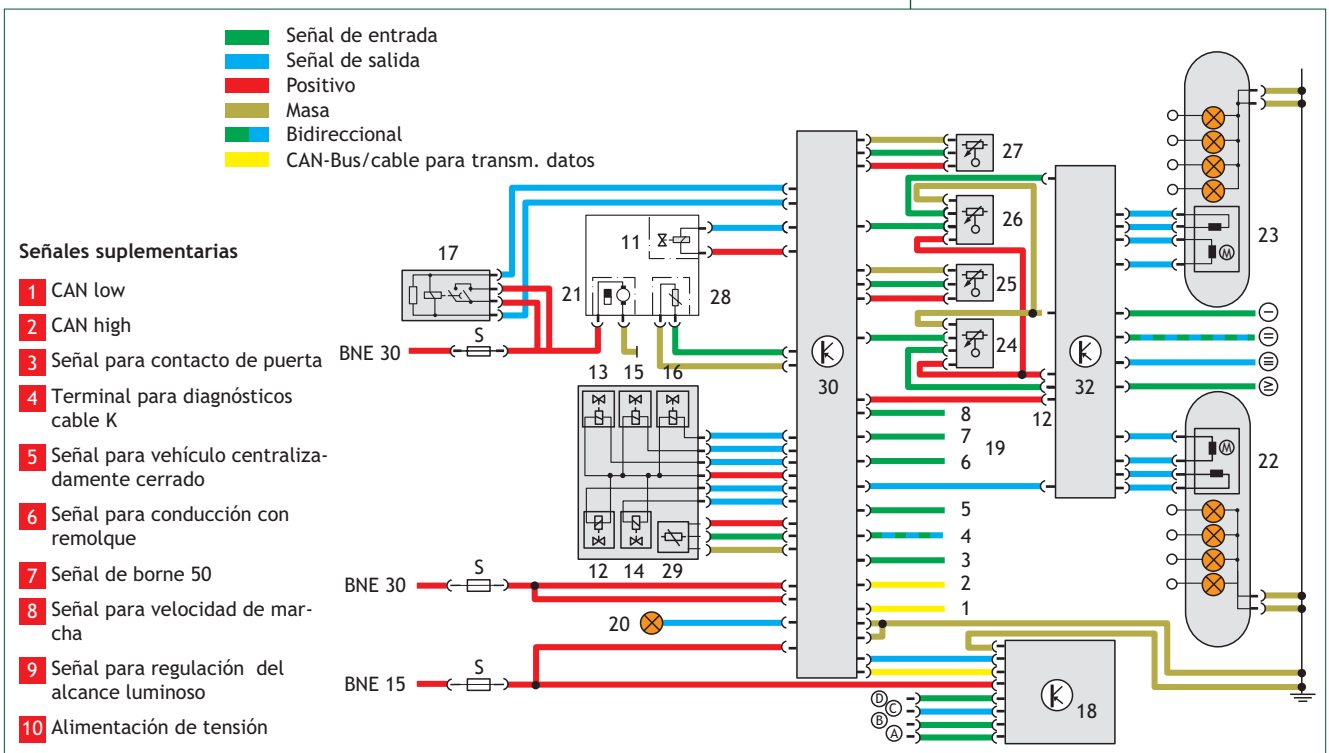
Esquema eléctrico y verificación del sistema

Este sistema de suspensión es gestionado electrónicamente gracias a una unidad de control que se encarga de interpretar las señales de entrada de los sensores para un correcto funcionamiento de los muelles neumáticos.

La unidad de control principal de la suspensión (30) está a su vez conectada con otras unidades de control con las que comparte información vía CAN-Bus o similar. Estas informaciones se distribuyen por todas las centralitas y son interpretadas en caso de necesidad.

Por ejemplo, la unidad de control para la regulación del alcance luminoso de los faros (32) es gestionada desde la unidad de control de la suspensión con el fin de que cuando se detecta un cambio de altura los faros se autorregulen evitando así el deslumbramiento de otros vehículos.

El diagnóstico de esta suspensión se realiza por medio de un equipo de diagnosis, el cual permite ajustar parámetros, ver averías fugaces o permanentes, borrar las averías, codificar unidades de control nuevas, etc.



Señales suplementarias

1. CAN low
2. CAN high
3. Señal para contacto de puerta
4. Terminal para diagnósticos cable K
5. Señal para vehículo centralizadamente cerrado
6. Señal para conducción con remolque
7. Señal de borne 50
8. Señal para velocidad de marcha
9. Señal para regulación del alcance luminoso
10. Alimentación de tensión

I Borne 56

II Terminal para diagnósticos cable K

III Hacia el cuadro de instrumentos

IV Señal de velocidad de marcha de la unidad de control ABS, salida sensor de régimen trasero izquierdo

A Borne 58s

B Borne 58d

C Pulsador ESP

D Pulsador ESP

Leyenda del esquema de funciones

11 Válvula de descarga para regulación de nivel

12 Válvula para brazo telescópico del. izquierdo

13 Válvula para brazo telescópico del. derecho

14 Válvula para brazo telescópico tras. izquierdo

15 Válvula para brazo telescópico tras. derecho

16 Válvula para acumulador de presión

17 Relé para compresor

18 Panel de mandos para regulación de nivel

19 Conmutador de contacto para piloto antiniebla desactivable

20 Testigo luminoso para regulación de nivel

21 Motor para compresor

22 Servomotor izquierdo para regulación del alcance luminoso de los faros

23 Servomotor derecho para regulación del alcance luminoso de los faros

24 Transmisor del nivel tras. izq.

25 Transmisor del nivel tras. der.

26 Transmisor del nivel del. izq.

27 Transmisor del nivel del. der.

28 Transmisor de temperatura del compresor

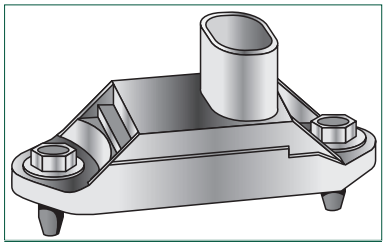
29 Transmisor de presión

30 Unidad de control para regulación de nivel

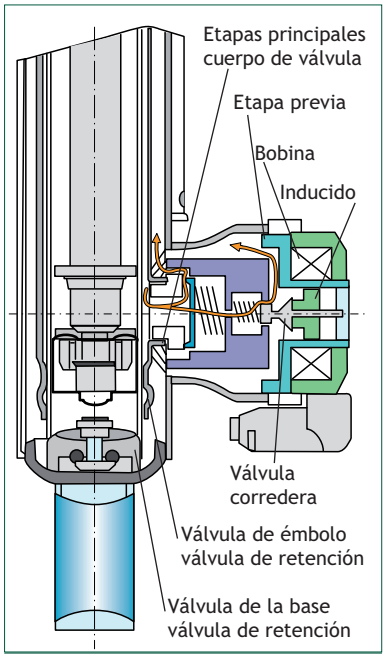
32 Unidad de control para regulación del alcance luminoso de los faros

10.28. Esquema eléctrico de la suspensión neumática integral.

10.29. Selector de amortiguación.



10.30. Sensor de aceleración de la carrocería.



10.31. Electroválvula para la suspensión adaptativa.

3 >> Suspensión neumática con amortiguación adaptativa

La suspensión neumática, ya sea con regulación de nivel en el eje trasero o integral, puede incorporar un sistema de amortiguación adaptativa. Este sistema permite adecuar las fuerzas de amortiguación a las características de la calzada y al estilo de conducción.

Este sistema determina las características de la calzada mediante registradores verticales de aceleración en la carrocería. El estilo de conducción (aceleración horizontal) se calcula a partir de la velocidad del vehículo y el ángulo de viraje.

Gracias a los distintos programas seleccionables o modos operativos se ponen en vigor diferentes curvas características de amortiguación, generalmente auto, confort y deportivo. Con estos modos de funcionamiento se consiguen siempre unas condiciones óptimas de confort y seguridad de conducción.

La amortiguación adaptativa permite a su vez la regulación de cada amortiguador de forma independiente.

3.1 > Constitución y funcionamiento

La amortiguación adaptativa comparte los elementos de la suspensión neumática para su funcionamiento. No es un tipo de suspensión sino un complemento de la suspensión neumática. Además de utilizar las informaciones de los distintos sensores de la suspensión y la unidad de control, incorpora otros para su funcionamiento.

Sensor de aceleración de la carrocería

El sensor de aceleración de la carrocería permite conocer los movimientos de la carrocería y los movimientos de los ejes con el fin de ajustar la amortiguación óptima en cada situación.

Las aceleraciones de la carrocería se miden con ayuda de dos, tres o cuatro sensores situados en la parte delantera y en la trasera del vehículo. Los sensores de aceleración de la carrocería constan de un componente de oscilación electrónico (principio de función sistema muelle/masa). Registran las aceleraciones verticales de la carrocería y suministran señal a la unidad de control.

Amortiguadores

La suspensión adaptativa para el reglaje continuo de la amortiguación utiliza amortiguadores de tarado variable y con características eléctricamente regulables. Estos amortiguadores van integrados en los conjuntos muelle-amortiguador neumático y montan una electroválvula pretensada mecánicamente por la acción de un muelle.

La fuerza de amortiguación se ajusta, según las familias de características, a través de la válvula de acción proporcional que va situada en el propio amortiguador y a través de la resistencia que oponen las válvulas al flujo del aceite interno. En cuestión de milésimas de segundos se consigue adaptar la fuerza de amortiguación a las condiciones de marcha y del firme.

La amortiguación dura se consigue con corrientes de alta intensidad mientras que la amortiguación blanda con corrientes de poca intensidad. Es decir, cuanto mayor es la resistencia al flujo del aceite que las traspasa, mayor es la fuerza de amortiguación.

3.2 > Regulación de la amortiguación

La gestión para la regulación de la amortiguación utiliza unos transmisores de nivel o de aceleración de las ruedas y de los sensores de aceleración de la carrocería para detectar el estado del firme y los movimientos del vehículo.

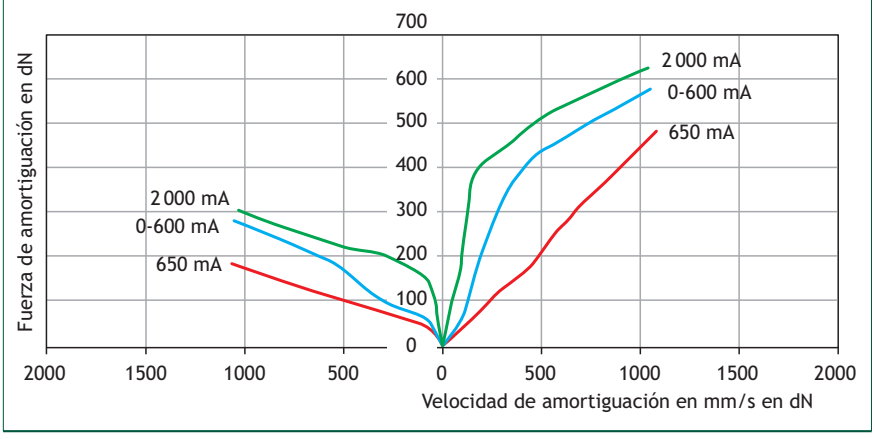
El sistema ajusta las características programadas en la unidad de control de cada uno de los amortiguadores en función de las necesidades de amortiguación calculada.

Para ello, los amortiguadores trabajan como componentes semiactivos en las etapas de compresión y expansión. Gracias a que el sistema puede detectar y regular rápidamente las distintas etapas, resulta posible aplicar solamente la fuerza de amortiguación que se necesita para las condiciones de la marcha en cada momento.

El reglaje de los amortiguadores se realiza en función de las aceleraciones verticales que experimentan las ruedas y la carrocería del vehículo.

En caso de regulación ideal, se lleva a cabo como si la carrocería estuviera suspendida del cielo y flotara sobre el pavimento casi sin movimientos que interfieran. De ese modo se consigue el máximo nivel de confort en cualquier tipo de situación y sobre cualquier terreno.

La fuerza de amortiguación del amortiguador se puede regular dentro de un extenso margen de características a través de una electroválvula del amortiguador ubicada en el exterior. Esta modifica la corriente aplicada a la bobina electromagnética y en cuestión de milésimas de segundo se puede adaptar el flujo de aceite que pasa por la electroválvula y, por tanto, la fuerza de amortiguación, en función de las necesidades de cada momento.



10.32. Familia de características de la fuerza de amortiguación en el eje delantero de un vehículo 4 x 4.

4 >> Suspensión neumática en vehículos industriales

Hasta hace unos años, los vehículos industriales iban dotados de suspensiones mecánicas, generalmente ballestas. Estas suspensiones tenían buenas características de funcionamiento ya que son propicias para el mantenimiento de carga, pero dificultaban ciertas operaciones como el subir rampas con camiones con plataforma, el acceso a muelles, etc.

Para suplir estas carencias se estudió un sistema de suspensión que pudiera subir y bajar el vehículo de altura a conveniencia del conductor y sin que se mermaran las características de la suspensión.

La suspensión neumática proporciona las siguientes ventajas en los vehículos industriales:

– Garantiza un elevado confort de marcha y de transporte por una reducida frecuencia de oscilación.
– Alto confort de manejo por la sencilla y clara disposición de los elementos de mando.
– Manejo sencillo en la modificación individual de la altura del bastidor.
– Rápido desenganche y enganche sobre la placa de carga, o desmontaje y montaje de superestructuras intercambiables.
– Altura de vehículo uniforme estando cargado y descargado el vehículo.
– Simplificación del proceso de carga y descarga mediante la rápida adaptación a diferentes alturas de rampas de carga y altura de constante del bastidor durante todo el proceso de carga.
– Reducción de la resistencia a la rodadura y del desgaste mediante la descarga del primer eje trasero no propulsado o del eje elevable, estando el vehículo parcialmente o totalmente descargado.
– Activación automática del primer eje trasero descargado o del eje elevable al ir aumentando la carga sobre el eje propulsor.
– Elevado volumen de transporte mediante la reducida altura del bastidor.
– Rápido reconocimiento de averías mediante la extensa aptitud de diagnóstico.
– Reducido consumo de aire comprimido.

10.33. Vehículo industrial con suspensión neumática.

4.1 > Constitución de la suspensión neumática en los vehículos industriales

En los vehículos industriales se montan distintos tipos de suspensiones neumáticas. Estas se diferencian en los componentes que integran.

La suspensión neumática está constituida básicamente por un circuito de alimentación de aire y un circuito de regulación y el control de la suspensión.

Circuito de alimentación de aire

El circuito de alimentación de aire integra los componentes que suministran aire a presión a todo el vehículo.

El circuito de alimentación de aire constituye el circuito principal que alimenta los distintos circuitos neumáticos del vehículo, como los frenos, la suspensión, etc.

Está formado por:

– **Filtro de aire.** Purifica el aire que entra en el circuito neumático del vehículo.
– **Compresor.** Produce el aire comprimido necesario para la alimentación del sistema neumático. Según el sistema puede ser monocilíndrico o bicilíndrico.
  En su funcionamiento, el aire absorbido por el émbolo a través de la válvula de admisión es comprimido por el émbolo en su recorrido de avance y enviado al calderín por medio de las válvulas de escape.
  La toma de aceite para engrase del compresor la efectúa el circuito de engrase del motor del vehículo.
– **Filtro húmedo o secador.** El filtro húmedo o secador seca el aire comprimido extrayendo la humedad del aire que proviene del compresor. Su tarea es mantener la limpieza y la adecuada humedad del aire presente en el sistema.
  Durante la fase de conexión del regulador de presión, el aire húmedo pasa a través de un granulado que absorbe la humedad.
– **Regulador de presión.** El regulador de presión limita la presión de abastecimiento del sistema.
  Si la presión ha alcanzado el valor ajustado, el regulador de presión se desconecta y el aire suministrado por el compresor se escapa al exterior. Si la presión desciende por debajo de un valor determinado, el regulador de presión vuelve a conectarse y el compresor llena de nuevo el circuito hasta el valor ajustado.
– **Calderín o acumulador.** El calderín o acumulador tiene la misión de almacenar el aire a presión para suministrarlo cuando sea requerido por los distintos circuitos neumáticos. Garantiza siempre una reserva de aire y disminuye el trabajo del compresor. El calderín lleva instalada una válvula automática de purga cuya finalidad es purgar automáticamente el agua procedente de la condensación en los depósitos de aire comprimido. El proceso de compresión de aire provoca una condensación del vapor de agua contenido en este, que afecta a la seguridad y buen funcionamiento de la instalación.

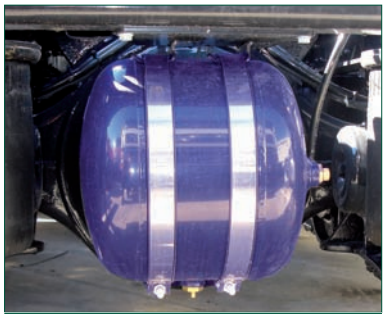
10.34. Filtro secador con regulador de presión. Fuente: Wabco.

10.35. Montaje del filtro húmedo en el vehículo.

10.36. Montaje de los calderines principales del vehículo y de la válvula automática de purga.

10.37. Calderines de aluminio.

10.38. Conexiones de alimentación de aire de la cabina.



10.39. Depósito de la suspensión.

10.40. Sensor de carrera.

Esta condensación, debida al enfriamiento del aire procedente de la compresión, es mayor en las zonas más alejadas del compresor, especialmente en los depósitos donde el enfriamiento es mayor debido a la expansión de aire. Con el fin de evacuar lo más rápidamente posible esas condensaciones, se utiliza una válvula automática de purga, en lugar del grifo manual convencional, en la parte inferior de los depósitos.

– **Válvula de protección o de alivio.** Esta válvula permite asegurar los circuitos de aire comprimido contra los efectos de una posible avería en uno de los circuitos. Limita los distintos circuitos a las presiones prescritas por el fabricante. Cuando se ha alcanzado la presión en el calderín principal, suministra el aire hacia los demás circuitos neumáticos.
– **Tomas de control de presión.** Las tomas de presión están instaladas en los tubos o en los depósitos del sistema neumático con el objeto de facilitar la conexión de los manómetros a fin de efectuar el diagnóstico.

Producción de aire

> **El aire comprimido es generado por el compresor gracias al giro del motor del vehículo. Una vez comprimido, el aire fluye desde el compresor hasta el secador de aire donde es secado. Allí, el regulador de presión limita la presión al valor ajustado. El aire comprimido sin humedad y regulado llega hasta el depósito de aire comprimido para la reserva de presión.**

En el calderín, un sensor de agua de condensación supervisa el secado del aire. La válvula de seguridad del calderín evita un exceso de presión que podría destruirlo. Desde el calderín el aire a presión llega a la válvula de protección donde se distribuye al circuito de frenos y suspensión.

Circuito de regulación y control de la suspensión

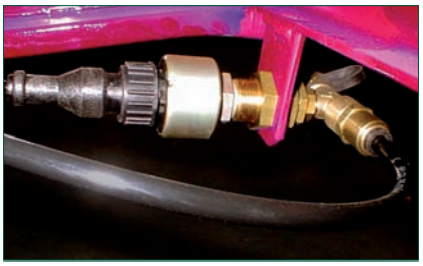
Este circuito está integrado por los elementos neumáticos propios de la suspensión. El circuito de regulación y control de la suspensión está constituido por:

– **Depósito acumulador o calderín de la suspensión.** Consiste en un depósito de reserva de aire cuyo funcionamiento es exclusivo para el sistema de suspensión. El depósito integra un sensor de agua de condensación y una válvula automática de purga.
– **Válvula de rebose.** Consiste en un dispositivo de bloqueo que permite comunicar el circuito principal con uno secundario (suspensión) cuando la presión de aire sobrepasa de un cierto valor de presión.
La misión principal de estas válvulas es que, en caso de avería en el circuito se conserve en los calderines de servicio una presión máxima igual al tarado de las mismas.
– **Válvula de seguridad.** Consiste en una válvula limitadora de presión que mantiene una presión residual en el circuito de suspensión. Durante la compresión y descompresión del eje, gracias a la presión residual se logra una posición segura del fuelle elevador o de los fuelles de suspensión sobre el pistón.
– **Sensor de carrera.** Los sensores de carrera supervisan la distancia entre el bastidor del vehículo y el eje para la regulación de nivel y en determinados vehículos para la regulación del balanceo.

Los sensores de carrera funcionan como transmisores inductivos. La modificación de la distancia entre el bastidor del chasis y el eje es trasladada por medio del varillaje de medición a un disco excéntrico dentro de la caja del sensor. El disco excéntrico modifica la posición de un inducido dentro de una bobina, generando así las señales inductivas que son transformadas en señales de recorrido por la unidad de control de regulación de nivel.

– **Sensor de presión.** El sensor de presión registra la presión de aire existente en los fuelles neumáticos y, proporcionalmente a la presión existente, emite una señal de tensión, según la cual la unidad de control determina la carga sobre el respectivo eje.

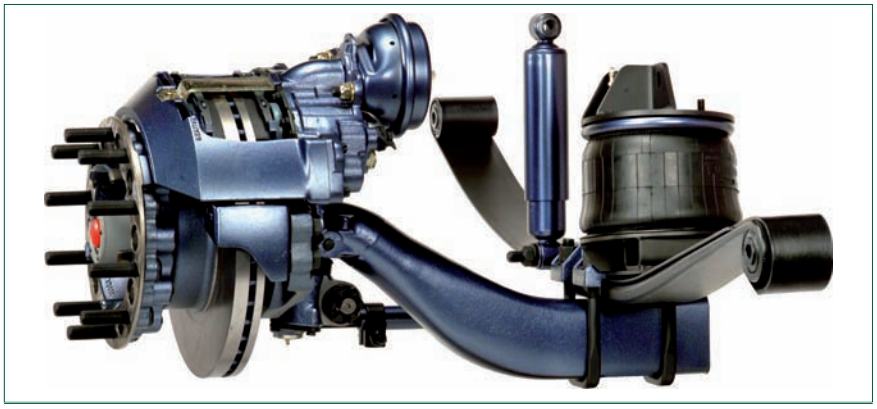
10.42. Sensor de presión.



10.43. Montaje del sensor de presión.

– **Distribuidor electroneumático o bloque de válvulas y válvulas electromagnéticas.** El distribuidor electroneumático está constituido por un grupo de válvulas electromagnéticas directamente pilotadas por la centralita electrónica que permiten aumentar, reducir o mantener el volumen de aire en los resortes neumáticos.
La válvula electromagnética regula en la suspensión neumática el volumen de aire en los fuelles de suspensión. Esta transforma las señales de mando eléctricas de la unidad de control en procesos de entrada y de salida de aire. El bloque de válvulas envía simultáneamente el mismo volumen de aire a los dos fuelles de suspensión neumática de un mismo eje.

– **Resorte de aire.** Es un elemento elástico destinado a contener el aire en presión y capaz de modificar su extensión independientemente del valor de la carga aplicada. Sustituye al resorte mecánico con la diferencia de que permite variar su longitud independientemente de la carga del vehículo.



10.45. Disposición de la suspensión con resorte neumático. Fuente: Wabco.

10.41. Montaje del sensor de carrera y varillaje.

10.44. Distribuidor electroneumático. Fuente: Wabco.

10.46. Montaje del resorte neumático.

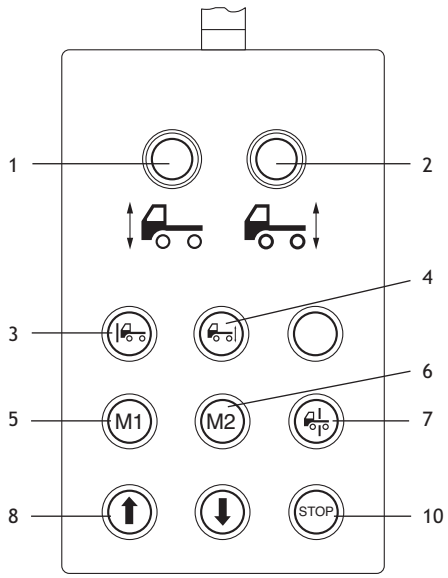
10.47. Disposición de la unidad de mando en el interior de la cabina.

10.48. Unidad de mando.

10.50. Unidad de control.

– **Unidad de mando.** La unidad de mando permite modificar la altura de la carrocería mediante los siguientes elementos de mando:
- **Testigo luminoso alzar/bajar, delante y detrás** (1 y 2). Para alzar o bajar el bastidor del vehículo por el eje delantero o ejes traseros.
- **Tecla alzar/bajar, delante y detrás** (3 y 4). Para alzar y bajar individualmente el bastidor del vehículo por el eje delantero o ejes traseros.
- **Tecla altura del bastidor M1 y M2** (5 y 6). Teclas de memoria para dos alturas de bastidor individuales libremente programables.
- **Tecla posición de marcha** (7). Desactivación de la unidad de mando con ajuste automático al nivel normal.
- **Tecla alzar y bajar** (8 y 9). Activando las teclas alzar/bajar (3 ó 4) respectivamente, se alza y se baja individualmente el bastidor del vehículo teniendo en cuenta el margen de las limitaciones inferior y superior de altura del bastidor por el eje delantero y/o por el eje trasero.
- **Tecla parada** (10). Interrupción inmediata de todos los procesos de alzar y bajar. Activación de la función de altura constante del bastidor al descargar y cargar. En combinación con las teclas de altura del bastidor M1 y M2 (5 y 6), activación de la memoria para dos alturas de bastidor individuales libremente programables.

1 Testigo luminoso alzar/bajar, delante
2 Testigo luminoso alzar/bajar, detrás
3 Tecla alzar/bajar, delante
4 Tecla alzar/bajar, detrás
5 Tecla altura bastidor M1
6 Tecla altura bastidor M2
7 Tecla de posición de marcha
8 Tecla alzar
9 Tecla bajar
10 Tecla parada



10.49. Funciones de la unidad de mando.

– **Unidad de control.** La unidad de control procesa las señales emitidas por los diferentes sensores. Con estos datos, se obtienen las señales para la excitación del compresor, de las válvulas electromagnéticas y de los amortiguadores.

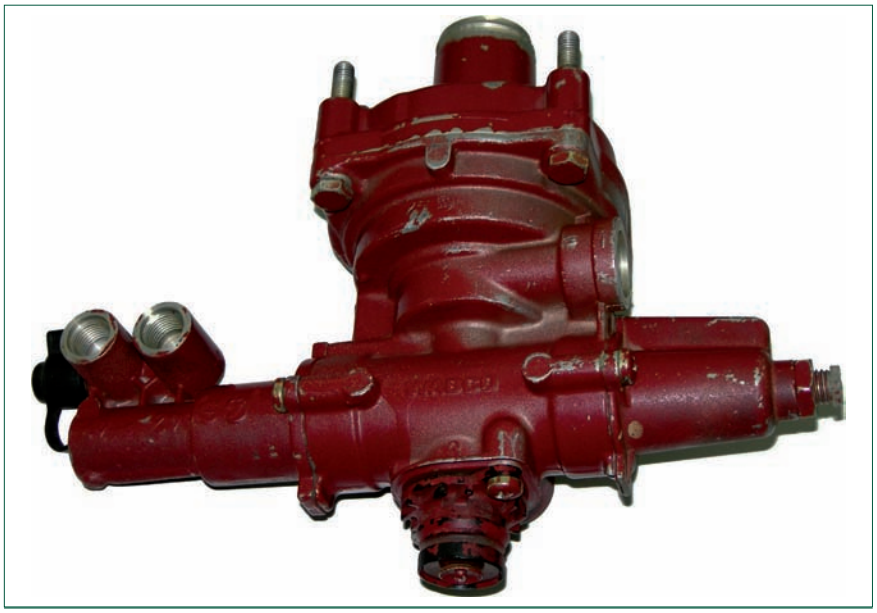
Esta mantiene constante la altura del chasis del vehículo respecto del pavimento en función de los valores almacenados en la misma o de aquellos que establece el conductor.

Funcionamiento de la suspensión

En los vehículos con suspensión neumática, durante la marcha del vehículo, la unidad de control para la regulación del nivel supervisa la altura del bastidor y la mantiene constante a un nivel teórico memorizado. Gracias al muelle neumático o balona y al aire a presión que se encuentra en su interior ofrece una suspensión con flexibilidad variable.

Los sensores de carrera registran continuamente la altura del bastidor y notifican cada variación a la unidad de control. Esta evalúa las señales y activa, para el mantenimiento del nivel teórico, las válvulas electromagnéticas en el eje propulsor y, en caso de suspensión neumática integral, también en el eje delantero. Las válvulas electromagnéticas hacen salir o entrar aire en los fuelles neumáticos de suspensión manteniendo así un nivel constante.

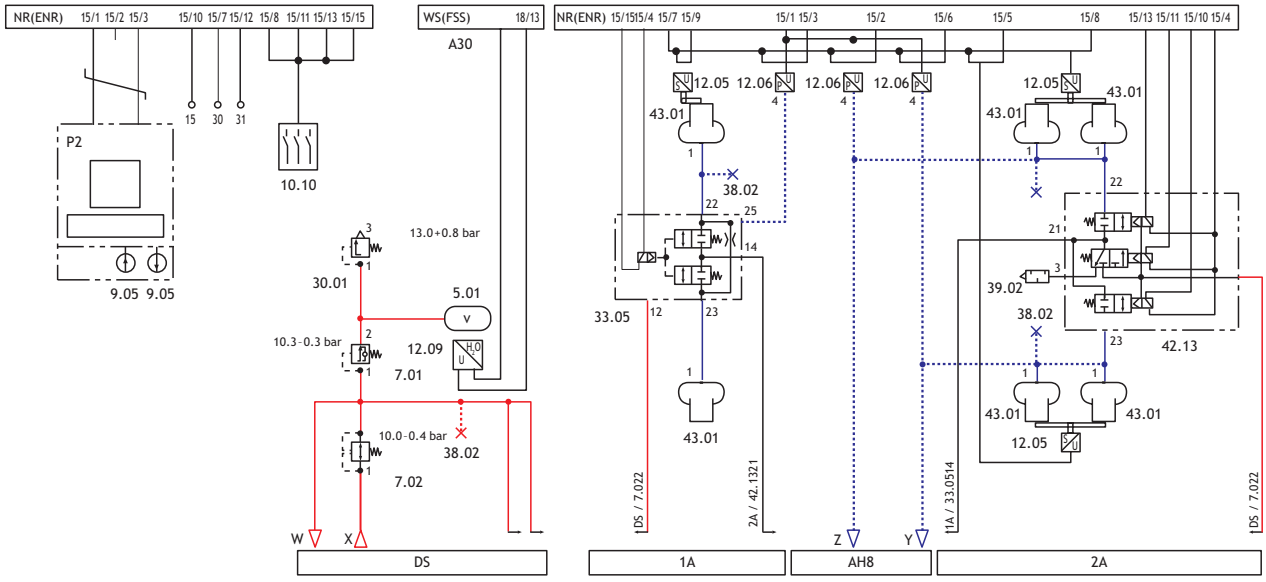
Una unidad de mando manual permite que se pueda bajar y subir el bastidor del vehículo, en parado. Por ejemplo, para depositar y recibir la plataforma o para la adaptación de la caja de carga a diferentes alturas de rampas de carga.



10.51. Válvula sensible a la carga.

En vehículos con primer eje trasero no propulsado o eje de arrastre, es posible al iniciar la marcha e independientemente de la carga, descargar brevemente el primer eje trasero no propulsado o eje de arrastre (ayuda para el arranque) y durante la marcha del vehículo, con vehículo vacío o parcialmente cargado, subir y bajar el eje elevable.

La regulación del nivel puede estar acoplada adicionalmente a un equipo de medición de la carga sobre los ejes. El equipo de medición de la carga sobre los ejes registra a través de sensores de presión las cargas de estos y permite consultar la carga individual de los ejes y el peso total del vehículo en el cuadro de instrumentos.



10.52. Esquema electroneumático y funcionamiento de la suspensión.

10.53. Compresor bicilíndrico.

Abreviatura	Denominación
5.01	Depósito de aire comprimido de una cámara
7.01	Válvula de rebose con corriente de retorno
7.02	Válvula de rebose con corriente de retorno limitada
9.05	Avisador luminoso amarillo
10.10	Unidad de mando
12.15	Sensor de carrera
12.06	Sensor de presión
12.09	Sensor de agua de condensación
30.01	Válvula de seguridad
33.05	Bloque de válvulas electromagnéticas, eje delantero
38.02	Conexión de comprobación M16x1,5
39.02	Silenciador
42.13	Bloque de válvulas electromagnéticas, eje trasero
43.01	Fuelle neumático de rodillos

5 >> Verificación de la suspensión neumática

Los sistemas de suspensión neumática difieren en sus componentes y en su funcionamiento, por lo que son muchas las comprobaciones que se deben realizar en estos tipos de suspensión.

La comprobación del circuito neumático se realizará comprobando la no existencia de fugas de aire y la carga adecuada del compresor y de los acumuladores.

Se debe comprobar que las válvulas de seguridad y las válvulas limitadoras de presión trabajan de manera adecuada. Para ello, se comprobarán las presiones en los distintos puntos con un manómetro y se verificarán con los datos del manual de reparaciones.

Al circuito neumático se le debe realizar periódicamente un mantenimiento. Este consta principalmente de la comprobación del nivel del aceite del compresor y de su sustitución en caso necesario, de la limpieza y sustitución del filtro de aire, y del purgado de los calderines o acumuladores para evitar la existencia de agua.

5.1 > Verificación de las electroválvulas del sistema

El funcionamiento de estos elementos es mecánico y a su vez eléctrico. En cuanto al funcionamiento mecánico de la electroválvula, es necesario verificar que esta no esté agarrotada y se desplace correctamente.

En el apartado eléctrico, se debe comprobar con un multímetro la resistencia eléctrica del bobinado, la tensión de alimentación de la electroválvula y la señal de mando que proviene de la unidad de control.

5.2 > Calibración del transmisor, sensor de altura o válvula de nivel

Este elemento debe ser calibrado siempre que exista un desnivel del vehículo por un incorrecto ajuste, o cuando se sustituya por uno nuevo.

Para realizar un correcto ajuste se colocará el vehículo en una posición horizontal y se comprobará que la presión de los neumáticos es la adecuada.

Se medirán las distancias entre los puntos indicados por el fabricante y en caso de no ser correctas se actuará sobre el tornillo de regulación o sobre los soportes del transmisor.

En los transmisores de nivel eléctricos, se comprobará la resistencia del mismo, la tensión de alimentación y la tensión de salida variable en función de la posición de la carrocería.

5.3 > Verificación de los fuelles neumáticos

Estos elementos están fabricados a base de caucho, por lo que son muy propensos al deterioro por las distintas condiciones a las que están sometidos. Se verificará que no existan grietas en el exterior y se eliminarán restos de grasas o suciedad que pudieran tener.

6 >> Sistemas antibalanceo

Uno de los inconvenientes que sufren los vehículos durante la marcha es el balanceo al trazar las curvas. Este balanceo viene provocado por la inercia del vehículo y por el centro de gravedad del mismo. Los sistemas antibalanceo utilizados por los distintos fabricantes de vehículos actúan sobre las barras estabilizadoras.

Los sistemas antibalanceo realizan la torsión de las barras estabilizadoras actuando en ambos ejes y realizando esfuerzos contrarios a la inercia del vehículo, de manera que se disminuye o anula el balanceo. En determinados sistemas endurece o ablanda la suspensión.

6.1 > Sistema antibalanceo *System Citroën/Control Active Roulis* SC-CAR

Es un sistema hidráulico que controla los movimientos oscilantes transversales de la carrocería. Permite mantener la carrocería horizontal en las curvas de tal manera que se consigue una mejor adherencia y una mayor seguridad en su trazado.

El sistema antibalanceo SC-CAR va combinado con la suspensión hidractiva para su funcionamiento y comparte tanto informaciones de los distintos sensores del vehículo como componentes hidráulicos.

El antibalanceo del vehículo se consigue gracias a la nueva configuración de la suspensión hidractiva y a la conmutación anticipada entre dos estados de rigidez de la barra estabilizadora y la corrección del ángulo de inclinación.

Funcionamiento de la suspensión con antibalanceo

Cuando el vehículo lleva una trayectoria recta, el cilindro hidráulico está comunicado con la esfera y, por lo tanto, no actúa la barra estabilizadora directamente. Al iniciar una curva se interrumpe esa comunicación y la barra estabilizadora cambia al estado rígido.

Si la carrocería se inclina más de 0,3° el cilindro recibe o expulsa aceite a presión estirándose o encogiéndose y aplicando una fuerza en sentido inverso a la inclinación de la carrocería.

Descripción de los nuevos componentes

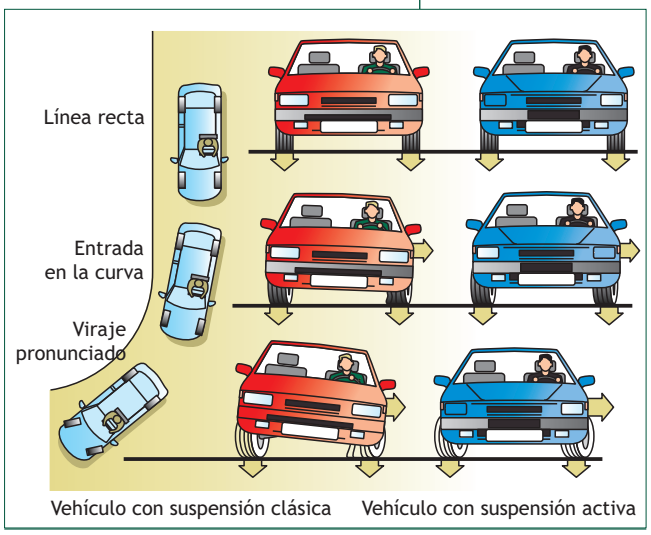
El SC/CAR está compuesto por una parte electrónica, una hidráulica y otra mecánica.

– La parte electrónica está formada por captadores comunes con la suspensión hidractiva, un calculador con un programa preestablecido y la electroválvula del regulador SC/CAR.
– La parte hidráulica incorpora un cilindro hidráulico delantero izquierdo que une el brazo de suspensión delantero izquierdo y la barra estabilizadora delantera, y un cilindro hidráulico trasero derecho que une el brazo trasero derecho y la barra estabilizadora trasera.

Ventajas del sistema antibalanceo SC/CAR

Con este sistema se consigue:

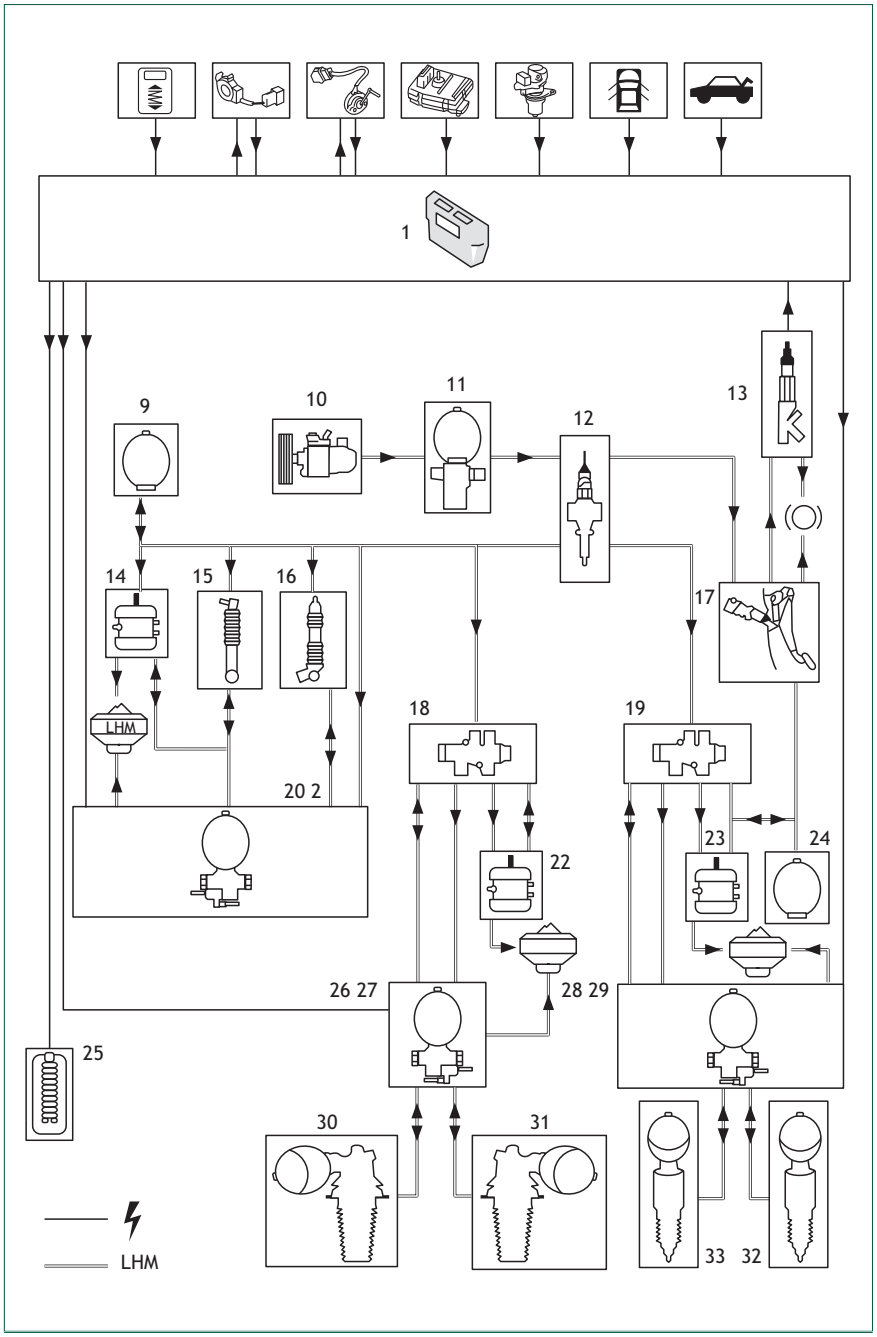
- Una gran manejabilidad y precisión de la dirección.
- Excelente estabilidad en carretera incluso en situaciones de frenada en curva.
- Gran confort disminuyendo el balanceo de la carrocería y los pasajeros.



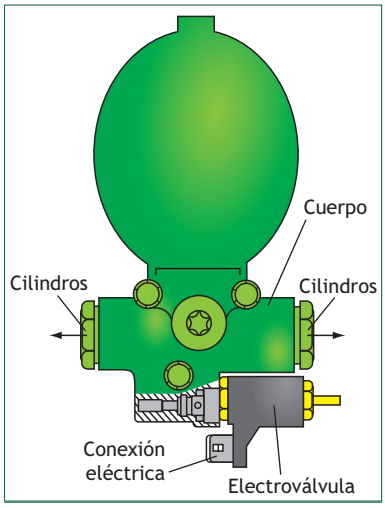
10.54. Comparación entre un vehículo con suspensión mecánica y otro con suspensión activa.

Como elemento elástico, el sistema SC/CAR monta una esfera central que forma un conjunto con la electroválvula y el regulador SC/CAR.
El corrector SC/CAR es comandado por bieletas y provoca el accionamiento de los cilindros con el fin de mantener la carrocería en horizontal con respecto a la calzada. Está fijado sobre el puente delantero y monta un acumulador de líquido para el propio sistema.

– La parte mecánica incorpora una barra estabilizadora delantera, otra trasera y un conjunto de bieletas y resortes que aseguran la unión entre los dos brazos de suspensión delanteros y corrector SC/CAR.



10.56. Esquema electrohidráulico del sistema antibalanceo SC/CAR.



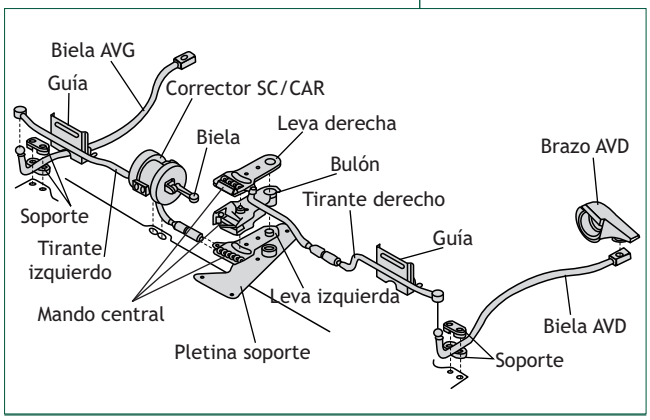
10.55. Regulador de balanceo SC/CAR.

1 Calculador de suspensión
2 Interruptor de suspensión
3 Captador de volante
4 Captador pedal acelerador
5 Captador desplazamiento de caja
6 Captador velocidad vehículo
7 Contactor apertura puertas
8 Contactor de maletero
9 Esfera SC/CAR
10 Bomba de alta presión
11 Conjuntor-Disyuntor
12 Válvula de seguridad
13 Manocontacto de frenos
14 Corrector SC/CAR
15 Cilindro SC/CAR delantero
16 Cilindro SC/CAR trasero
17 Dosificador de frenos
18 Válvula SC/CAR delantero
19 Válvula SC/CAR trasero
20 Regulador SC/CAR
21 Electroválvula reguladora SC/CAR
22 Corrector de alturas delantero
23 Corrector de alturas trasero
24 Esfera SC/CAR
25 Toma de diagnosis
26 Regulador de susp. hidractiva delantera
27 Electroválvula de hidractiva delantera
28 Regulador de susp. hidractiva trasera
29 Electroválvula de hidractiva trasera
30 Elemento suspensión del. izquierdo
31 Elemento suspensión del. derecho
32 Elemento suspensión tras. derecho
33 Elemento suspensión tras. izquierdo

Mando mecánico del balanceo

Este elemento informa sobre el ángulo de la carrocería al tomar una curva dando la orden de mantener la carrocería horizontal a su paso por esta.

Los movimientos oscilantes de los brazos se transforman en movimientos rectilíneos mediante bieletas. Una diferencia de 0,3° de los ángulos de los brazos delanteros provoca el movimiento del eje corrector SC/CAR.

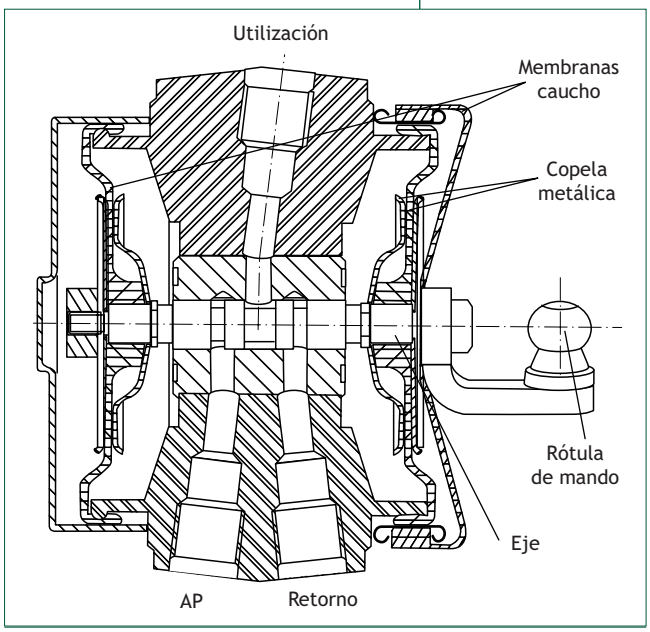


10.57. Mando mecánico de balanceo.

Corrector del balanceo

Añade o extrae el aceite de los cilindros hidráulicos con el fin de equilibrar la carrocería. Actúa solamente en solicitaciones importantes de manera que no influya en el confort de los pasajeros.

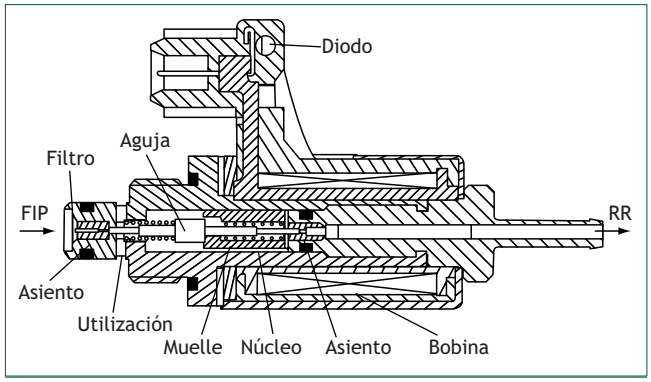
Consiste en un distribuidor de dos vías que según la posición de su eje pone en comunicación la admisión con la utilización de los cilindros, la utilización de los cilindros con el retorno al depósito o aísla la utilización de los cilindros.



10.58. Corrector de balanceo.

Electroválvula SC/CAR

Esta válvula permite regular eléctricamente el regulador de balanceo según las informaciones de la unidad de control.



10.59. Electroválvula SC/CAR.

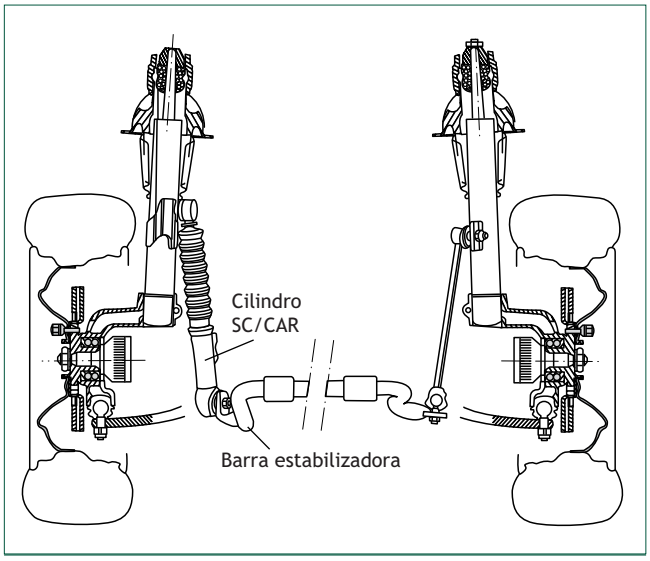
Regulador de balanceo

El regulador de balanceo modifica el estado de rigidez de las barras estabilizadoras en función de la posición de la electroválvula SC/CAR.

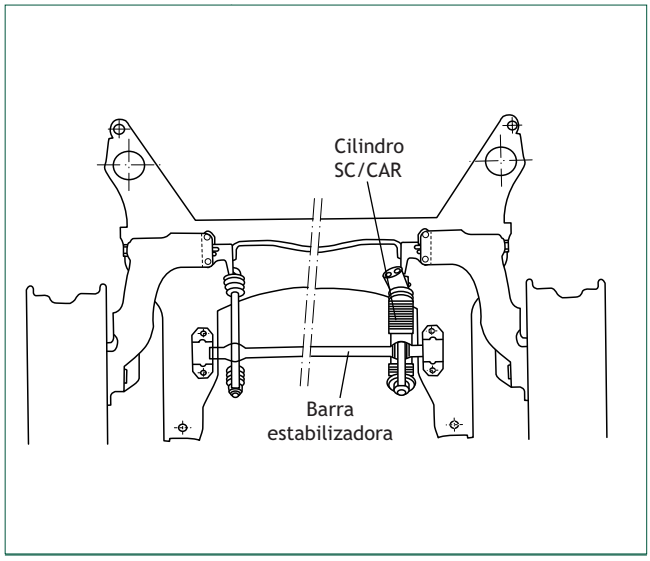
Ejes del vehículo

Los cilindros SC/CAR delantero y trasero permiten inclinar la carrocería con relación al suelo para obtener el comportamiento natural deseado.

Estos cilindros de longitud variable unen la barra estabilizadora al elemento de suspensión del lado donde van montados y aseguran esta unión en el otro lado mediante una bieleta de longitud fija.



10.60. Montaje de los cilindros SC/CAR en el eje delantero y trasero.



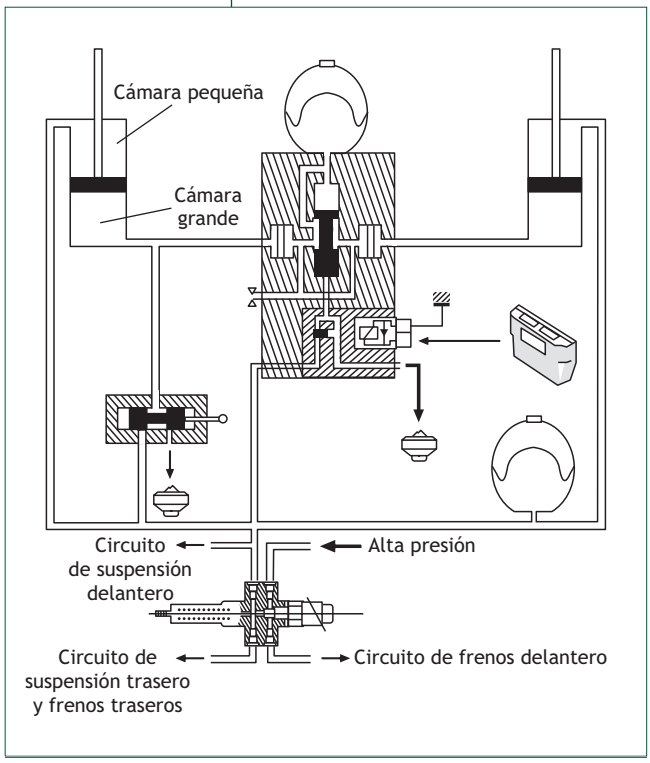
10.61. Montaje de los cilindros SC/CAR en el eje trasero.

Hidráulicamente el cilindro puede presentar tres estados diferentes:

– Unido a la esfera de regulador SC/CAR presentando mayor elasticidad en línea recta.
– Completamente aislado asegurando la rigidez al inicio de la curva.
– En unión con la fuente de presión manteniendo la carrocería horizontal en giros pronunciados.

Funcionamiento hidráulico

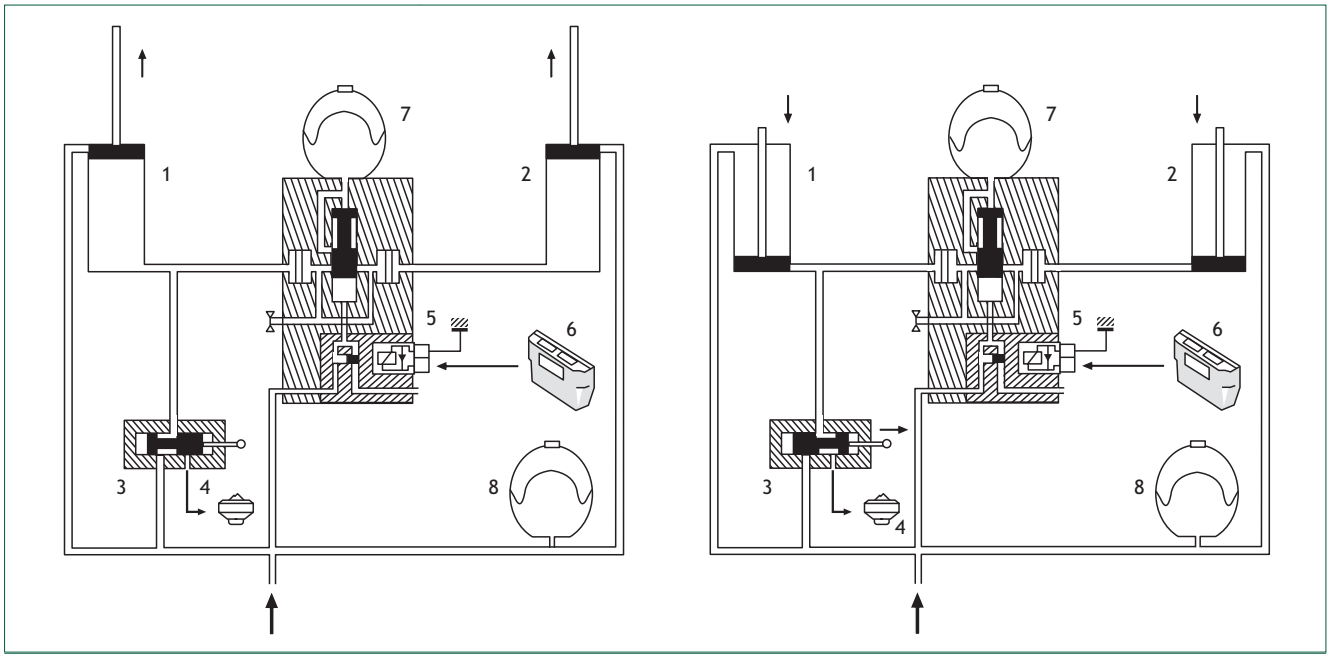
En el sistema SC/CAR, la conexión hidráulica entre los cilindros de las barras estabilizadoras y la esfera del regulador provoca que en línea recta se amortigüen los impactos gracias a la masa de gas contenida en el acumulador. Cuando se inicia una curva a la izquierda, la unidad de control recibe las informaciones del captador del volante y del captador de velocidad del vehículo. En esta fase, en función de los datos parametrizados en la unidad de control, esta envía una señal eléctrica a la electroválvula que aísla la esfera del regulador del circuito dejando a los dos cilindros en estado rígido.



10.62. Esquema hidráulico.

Si el giro a la derecha es más pronunciado, la bomba alimenta a los cilindros hidráulicos alargándolos y se evita así el balanceo del vehículo.

Cuando el vehículo inicia una curva a la derecha, si el giro es pronunciado, los cilindros hidráulicos se acortan y son descargados de aceite según la excitación de la electroválvula y de los parámetros de funcionamiento memorizados en la unidad de control. En esta fase se realiza un esfuerzo de tracción sobre las barras estabilizadoras.



10.63. Giro a la izquierda y giro a la derecha.

1 Cilindro
2 Cilindro
3 Corrector SC/CAR
4 Depósito
5 Electroválvula
6 Calculador
7 Esfera del regulador
8 Acumulador

Intervenciones en el sistema SC/CAR

En el sistema antibalanceo SC/CAR hay que tener las mismas precauciones y realizar el mismo mantenimiento que en los sistemas hidroneumáticos y neumáticos.

La presión del sistema se quita de la misma forma que en la suspensión hidroneumática, pero si el vehículo lleva el sistema antibalanceo se deben accionar alternativamente las dos bieletas de mando del corrector SC/CAR para provocar la caída de presión de la esfera delantera y la esfera del regulador SC/CAR.

Comprobación y localización de averías

En cuanto a controles y reglajes, se utiliza el mismo procedimiento que en la suspensión convencional y con regulación automática de altura.

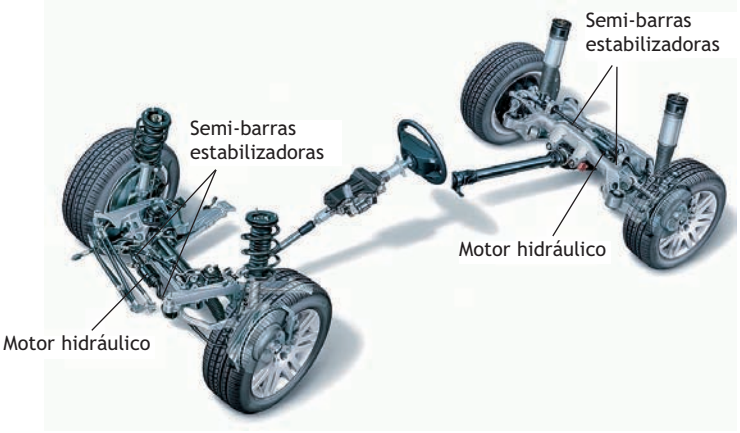
Este sistema incorpora un circuito eléctrico y un calculador por lo que en el caso de avería eléctrica se pueden leer los fallos mediante un equipo de diagnosis.

6.2 > Sistema antibalanceo *Active Roll Stabilization* (ARS)

El sistema antibalanceo *Active Roll Stabilization* ARS (Estabilización Activa de Giro) ayuda a mejorar la estabilidad en las curvas, de tal manera que las barras estabilizadoras que reducen el balanceo trabajan de forma conjunta en cada eje.

El sistema, en lugar de utilizar una barra estabilizadora por eje, utiliza dos semibarras activas unidas por un lado a la suspensión y por el otro a un motor hidráulico.

Cuando el vehículo realiza el trazado de una curva, la inercia hace que este se balancee. En este momento, el motor hidráulico colocado entre las



10.64. Montaje del sistema antibalanceo ARS.

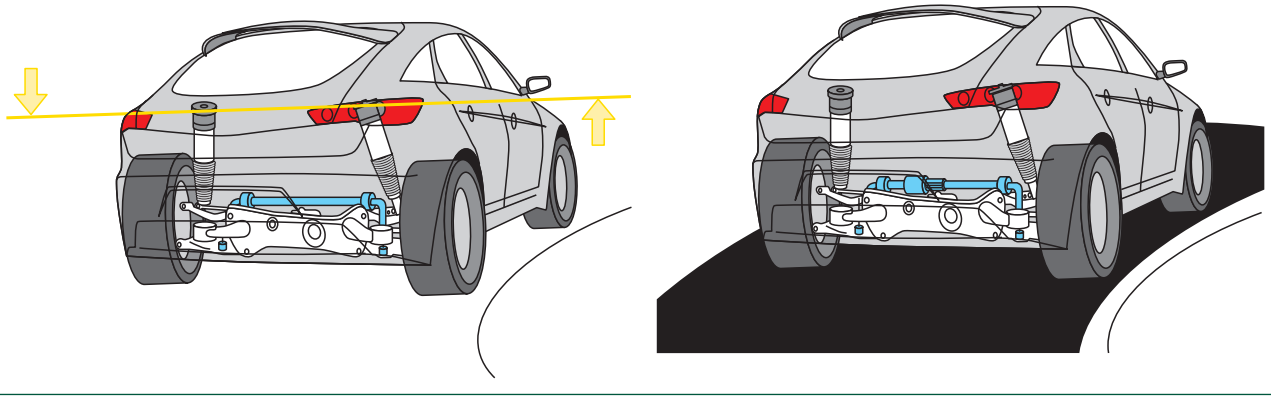
dos semibarras de un mismo eje gira y ejerce una fuerza que hace que las barras actúen como una sola barra rígida consiguiéndose así la estabilización del vehículo.

En caso de un bache, cuando no existe balanceo, las dos semibarras se mueven de forma independiente.

Constitución y funcionamiento

El antibalanceo ARS está formado por un bloque hidráulico gestionado por una unidad de control electrónica. Este bloque hidráulico, a través de las informaciones llegadas a la unidad de control por los distintos sensores del vehículo (velocidad, ángulo de giro del volante, etc.), comunica los motores hidráulicos delantero y trasero con el acumulador de presión y la bomba hidráulica.

La dureza de las barras estabilizadoras se consigue a través de la presión hidráulica proporcionada por la bomba. Esta, en función de la apertura y cierre de las electroválvulas del bloque hidráulico, dejará mayor o menor paso de aceite a los motores hidráulicos y, en consecuencia, aumentará o disminuirá la presión hidráulica y la fuerza con la que actúe el motor hidráulico.



10.65. Trazado de una curva sin sistema antibalanceo y con el sistema ARS.

6.3 > Barras estabilizadoras desacoplables

El sistema antibalanceo con barras estabilizadoras desacoplables cuenta con una barra estabilizadora capaz de pasar a un estado rígido para la circulación por carretera y a un estado flexible con bajo coeficiente de rigidez para los terrenos accidentados.

El sistema de la barra estabilizadora desacoplable consta de tres componentes principales: la unidad de alimentación hidráulica, la unidad de control para desacoplamiento de la barra estabilizadora y las barras estabilizadoras desacoplables.

La unidad de alimentación consta de:

– Una bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico.
– Un depósito de expansión.
– Un acumulador de presión.
– Un sensor de presión.
– Dos válvulas conmutadoras para el desacoplamiento de las barras estabilizadoras.

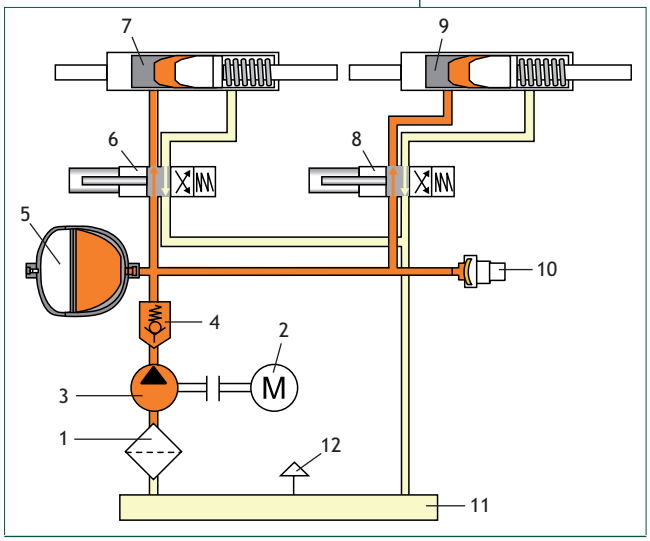
Esta unidad de alimentación permite distribuir por separado a las barras estabilizadoras del eje trasero y del eje delantero.

La unidad de control para desacoplamiento de las barras estabilizadoras está conectada al CAN Tracción del vehículo. Esta analiza la presión del sistema: el estado acoplado/desacoplado de las barras estabilizadoras y la señal del pulsador para desacoplamiento de las barras estabilizadoras. Recibe también las señales de velocidad de marcha, aceleración transversal y modo de la reductora *(high* o *low)*.

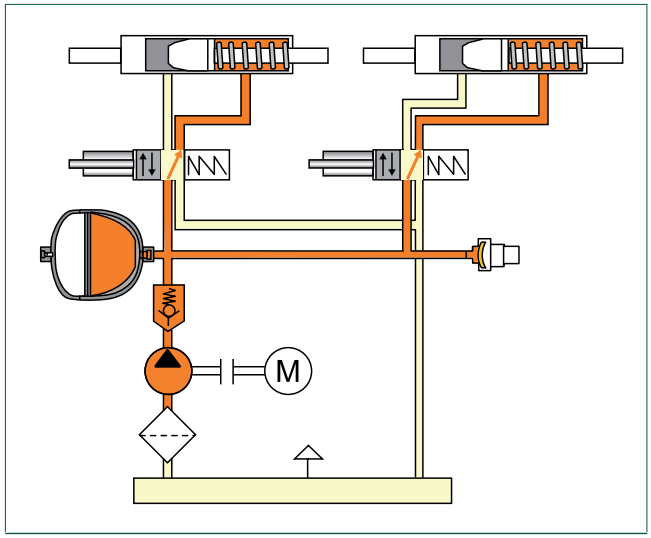
Tomando como base el análisis, la unidad de control transmite una señal correspondiente para los actuadores.

La barra estabilizadora desacoplable posee un actuador hidráulico centrado en la barra en cuyo interior incorpora un acoplamiento de garras, que posibilita el acoplamiento y desacoplamiento de los brazos de la barra estabilizadora.

1 Filtro
2 Motor eléctrico
3 Bomba
4 Válvula de retención
5 Acumulador de presión
6 Válvula conmutadora para desacoplamiento de la barra estabilizadora en el eje delantero
7 Actuador, acoplamiento de garras delantero
8 Válvula conmutadora para desacoplamiento de la barra estabilizadora en el eje trasero
9 Actuador, acoplamiento de garras trasero
10 Sensor de presión
11 Depósito
12 Aireación del depósito



10.66. Desacoplamiento de la barra estabilizadora.



10.67. Acoplamiento de la barra estabilizadora.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Explica las diferencias más importantes entre una suspensión neumática con regulación de altura en el eje trasero y una suspensión neumática integral.

2·· ¿Cuál es la función del filtro deshidratador en la suspensión neumática?

3·· ¿Qué elementos realizan la descarga del aire de las balonas neumáticas de la suspensión con regulación de nivel en el eje trasero? Explica esta fase.

4·· ¿Qué es un depósito acumulador y cuál es su función en la suspensión neumática integral de turismo?

5·· ¿Para qué sirve el sensor de aceleración de la carrocería y en qué sistema se monta?

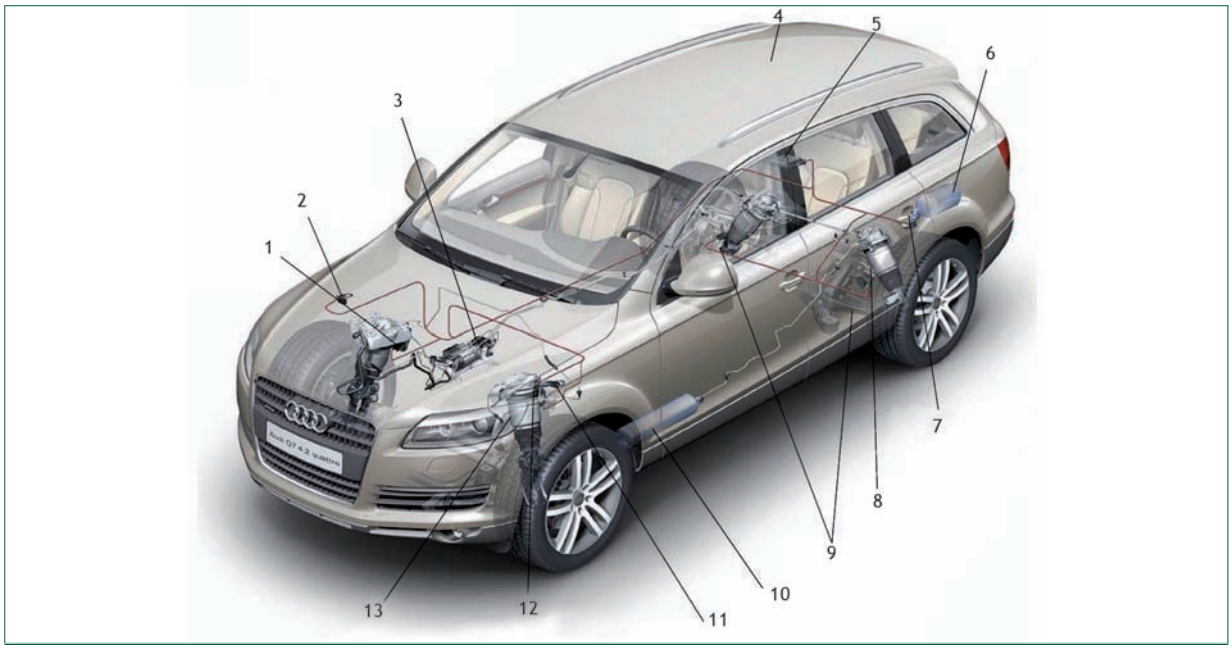
6·· Explica cómo se realiza la calibración de una válvula de nivel.

7·· ¿Qué elementos incorpora el sistema antibalanceo SC/CAR a la suspensión hidráulica?

8·· Explica en qué consiste el sistema antibalanceo ARS.

.: APLICACIÓN :.

1·· Enumera los distintos elementos del circuito.



10.68. Suspensión neumática integral.

2·· En un vehículo industrial con suspensión neumática con regulación de altura, sustituye las balonas de la suspensión de un eje. Consulta el manual de reparaciones para llevar a cabo el proceso de sustitución.

3·· Realiza con ayuda de un equipo de diagnóstico el ajuste básico de la suspensión neumática en un vehículo 4×4. A su vez, realiza la identificación de la unidad de control y la lectura y borrado de la memoria de averías.

Caso final

Adaptación o ajuste básico de la regulación de nivel

•• En los trabajos de mantenimiento de un vehículo con suspensión neumática integral debes verificar el ajuste básico de la regulación de nivel con el fin de determinar la altura correcta del vehículo. En caso de no ser correcta se realizará un nuevo ajuste.

Realiza el ajuste básico de la suspensión neumática con el equipo de diagnosis.

Solución •• La operación de ajuste básico de la regulación de nivel se realiza de la siguiente manera:

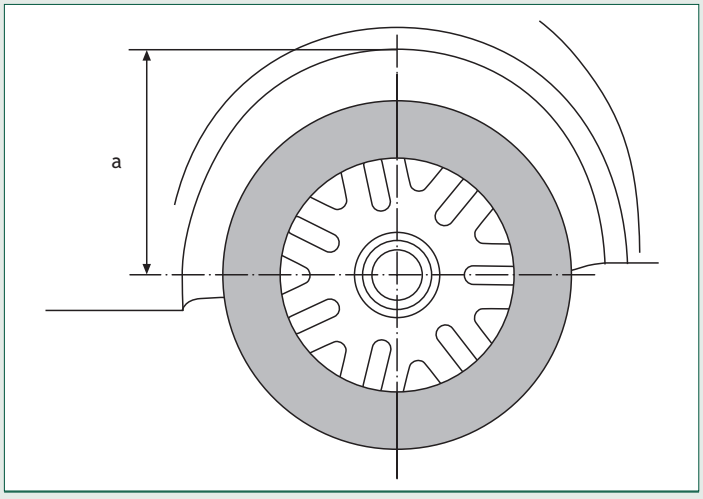
En primer lugar conecta el equipo e identifica y localiza las averías. Selecciona *Funciones de componentes*.

10.69. Vehículo con suspensión neumática integral.

10.70. Conexión del equipo de diagnosis.

Mide las alturas libres sobre el suelo del vehículo. Esta altura libre (a) se mide perpendicular a la aleta, desde la misma hasta el centro de la rueda.

Realiza esta medición con el vehículo en posición de vacío (vehículo sin carga).



10.71. Medición de la altura libre.

Si los valores varían con los teóricos, introduce nuevos valores medidos en la unidad de control de la regulación de nivel.

La unidad de control de la regulación de nivel calcula los valores introducidos y a continuación regula el vehículo según el nivel del ajuste básico.

Para comprobar que las distintas alturas del vehículo son correctas actuasobre el mando de regulación MMI y selecciona los distintos niveles de regulación.

10.72. MMI Multi Media interface.

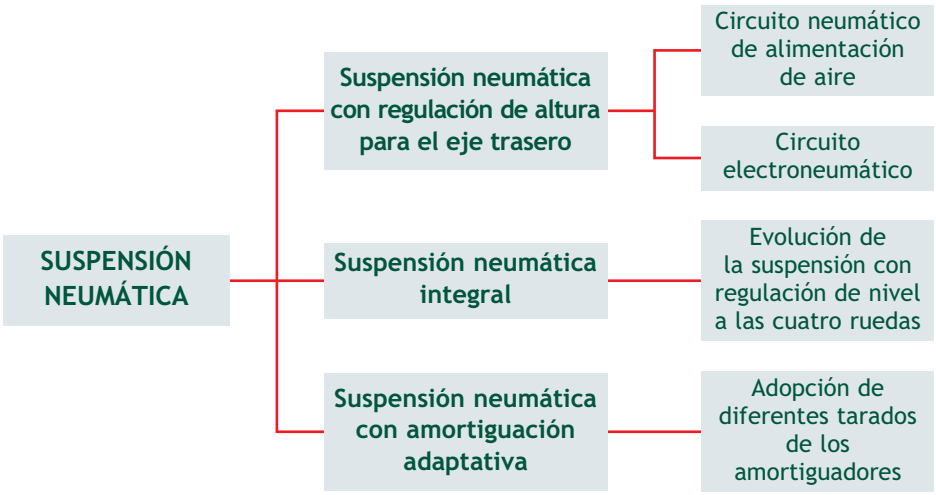
10.73. Pantalla visualizadora de la altura de la suspensión y el nivel de confort.

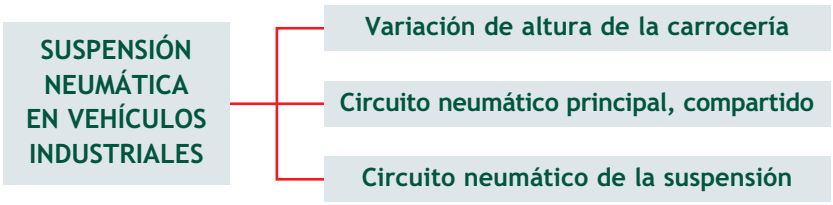
Los valores de altura corresponderán con los valores del manual de reparaciones.

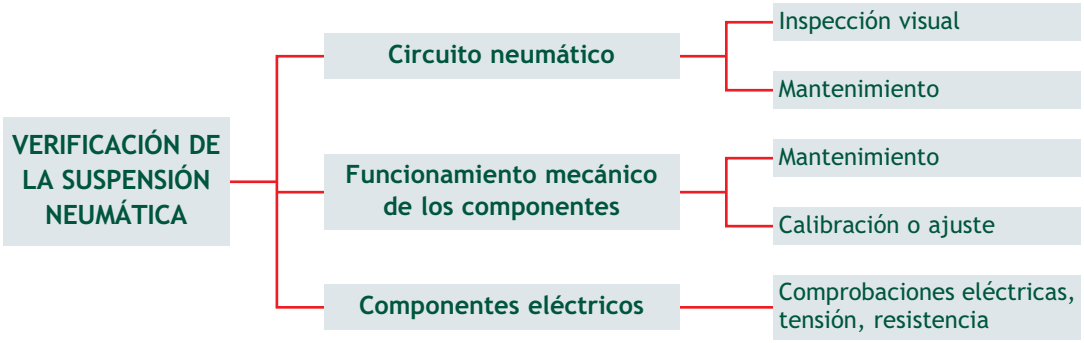
10.74. Distintas alturas de la regulación de nivel: elevación a altura máxima.

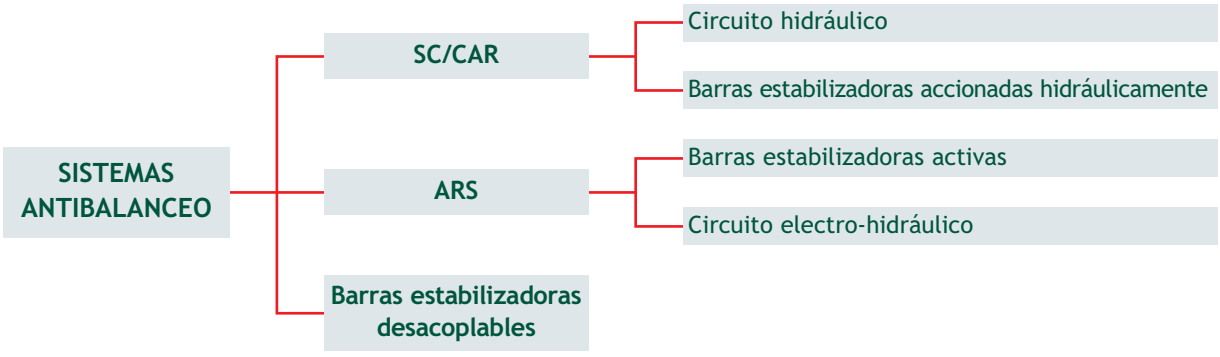
10.75. Distintas alturas de la regulación de nivel: descenso a altura mínima.

Ideas clave


SUSPENSIÓN NEUMÁTICA
Suspensión neumática con regulación de altura para el eje trasero
Circuito neumático de alimentación de aire
Circuito electroneumático
Suspensión neumática integral
Evolución de la suspensión con regulación de nivel a las cuatro ruedas
Suspensión neumática con amortiguación adaptativa
Adopción de diferentes tarados de los amortiguadores


SUSPENSIÓN NEUMÁTICA EN VEHÍCULOS INDUSTRIALES
Variación de altura de la carrocería
Circuito neumático principal, compartido
Circuito neumático de la suspensión


VERIFICACIÓN DE LA SUSPENSIÓN NEUMÁTICA
Circuito neumático
Inspección visual
Mantenimiento
Funcionamiento mecánico de los componentes
Mantenimiento
Calibración o ajuste
Componentes eléctricos
Comprobaciones eléctricas, tensión, resistencia


SISTEMAS ANTIBALANCEO
SC/CAR
Circuito hidráulico
Barras estabilizadoras accionadas hidráulicamente
ARS
Barras estabilizadoras activas
Circuito electro-hidráulico
Barras estabilizadoras desacoplables

SUSPENSIÓN NEUMÁTICA Y MANIPULACIÓN DE LA CARGA

El argumento a favor de la suspensión neumática en vez de las ballestas hace tiempo que está bien establecido para los vehículos de carretera. Se está extendiendo el uso de la suspensión neumática en los vehículos para obras, cuando las condiciones de operación no exigen una gran distancia al suelo, suspensión para trabajo pesado o ejes traseros con tracción en tándem.

La suspensión neumática de Scania con dos fuelles tiene una reputación bien establecida de fiabilidad y larga duración, tanto por carretera como fuera de ella. El sistema es intrínsecamente robusto y no necesita mantenimiento periódico. Se usa el mismo diseño básico tanto en ejes delanteros como traseros.

A pesar de la simplicidad de su diseño, el sistema brinda una extraordinaria funcionalidad, que incluye la protección de la carga. También presenta una rigidez adicional en comparación con algunos sistemas, para proporcionar un alto nivel de resistencia al bamboleo y con ello una excelente estabilidad. Para algunos operadores, especialmente los que transportan cargas pesadas, esta podría ser una consideración importante.

Sin embargo, hay mercancías tan frágiles y tan valiosas que la protección de la carga puede ser un factor clave. En esas circunstancias, deberá considerarse la nueva suspensión neumática trasera de Scania con cuatro fuelles. Actualmente está disponible para los tractocamiones 4 × 2.

Este nuevo sistema presenta una mayor flexibilidad y acomodación. Con ello incorpora las ventajas de una superior protección de la carga, tracción mejorada y «sensación de la carretera» potenciada. Esto se alcanza a costa de una pérdida de resistencia al bamboleo y fuerza absoluta. Por consiguiente, se recomienda usarlo en carreteras en buen estado, mientras que para las carreteras en mal estado se recomienda el sistema más robusto de dos ballestas.

Manipulación de la carga

Ambos sistemas incorporan funciones de manipulación de la carga fáciles de usar, que pueden elevar, descender o inclinar las plataformas de carga para facilitar la carga y descarga. También tienen una función de nivelación automática de la carga. El control de la plataforma de carga puede realizarse desde dentro o fuera de la cabina.

Fuente: www.scania.es

unidad 11

Dirección mecánica y geometría de los ejes

SUMARIO

- La dirección en los vehículos y sus componentes
- Dirección de cremallera
- Dirección de tornillo sin fin
- Geometría del eje delantero y del eje trasero
- Alineación de dirección

OBJETIVOS

- Conocer los mecanismos que forman las direcciones mecánicas.
- Estudiar las medidas, cotas y ángulos de giro de los ejes.
- Conocer los ángulos de las ruedas delanteras y traseras.
- Realizar prácticas de alineado de un vehículo.

1 >> La dirección

Todos los vehículos disponen de un mecanismo de guiado y orientación de las ruedas accionado por el conductor. La dirección es el conjunto de componentes y piezas que forman este dispositivo.

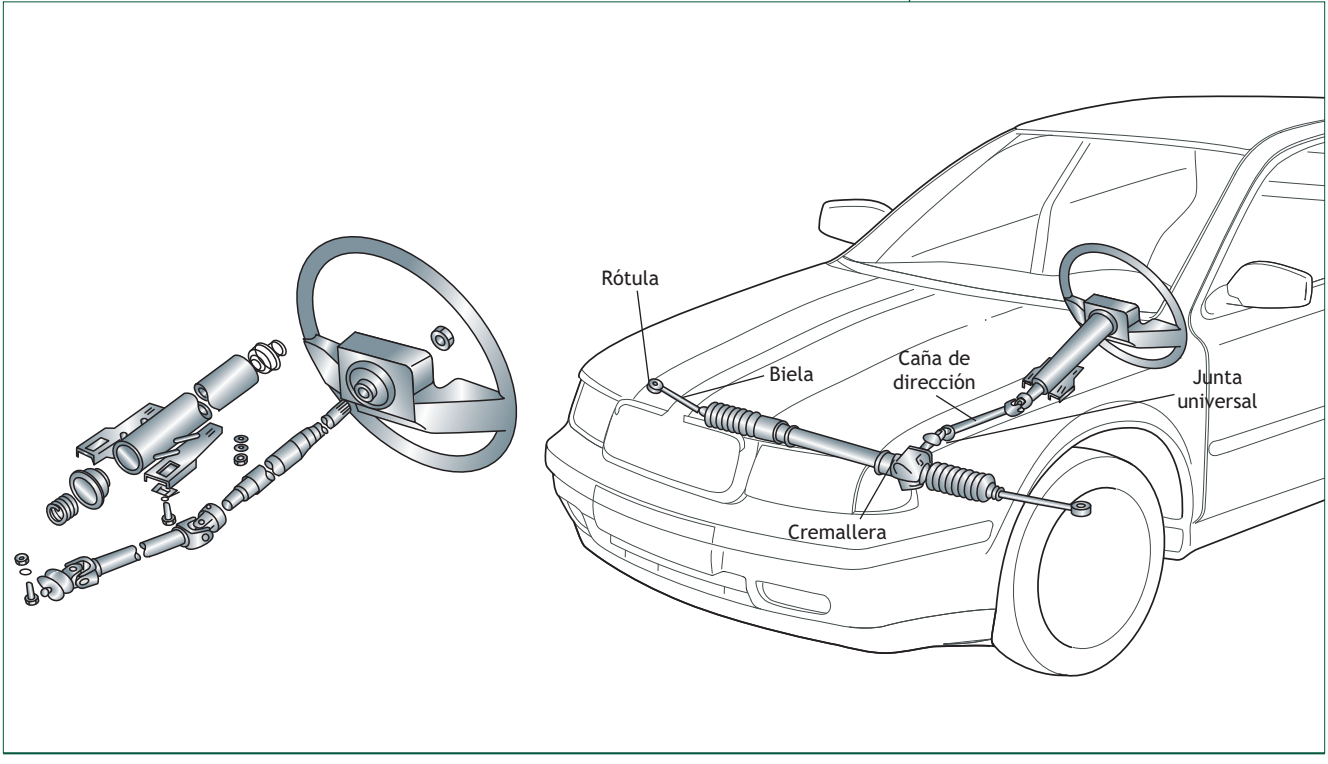
La dirección debe cumplir las normas de seguridad planteadas en la normativa europea 70/311/CEE. Las exigencias que plantea la norma son las siguientes:

- La dirección traslada el giro del volante a las ruedas delanteras, y desde ellas los golpes e irregularidades de la calzada se deben transmitir también al volante. El conductor no debe perder nunca el tacto con la calzada.
- Los mecanismos de la dirección tienen que tener una rigidez calculada para permitir una rapidez de respuesta del vehículo al giro del volante.
- La colocación y diseño de la tirantería (barras de mando) debe cumplir que las prolongaciones de los ejes de las ruedas delanteras izquierda y derecha se crucen con una prolongación del eje trasero al girar las ruedas.
- La dirección permitirá el retorno del volante a su posición central, manteniéndose estable después de tomar una curva.
- La dirección debe tener una desmultiplicación lo más pequeña posible, para conseguir una buena manejabilidad del vehículo.

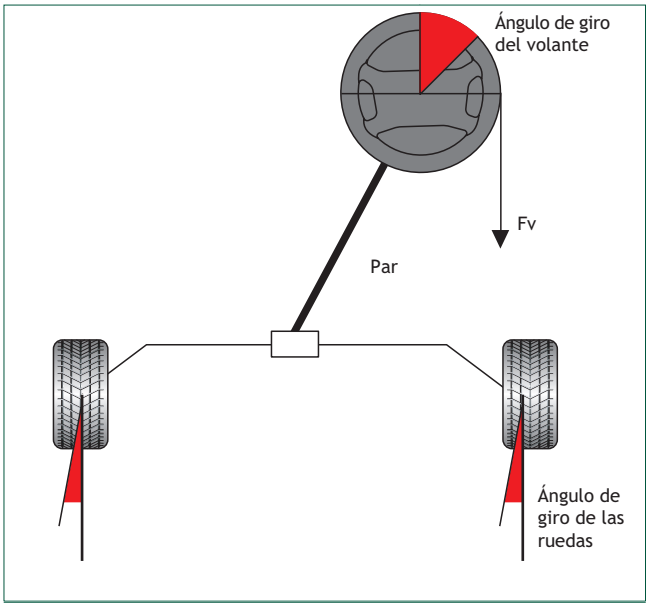
La dirección es un sistema de seguridad del vehículo y trabaja conjuntamente con la suspensión. La acción conjunta de dirección y suspensión permite conseguir que la dirección cumpla los requisitos de confortabilidad, precisión y seguridad.

Legislación

La directiva europea que regula las normas de seguridad de la dirección es la 70/311/CEE. La norma regula el tiempo y la fuerza máxima que se deben aplicar en el volante según el tipo de vehículo.



11.1. Radiografía de un mecanismo de dirección mecánica.



11.2. Esquema de la relación de transmisión.

Los componentes mecánicos que forman un conjunto de dirección mecánica (figura 11.1) son los siguientes:

– Volante.
– Caña o árbol de dirección.
– Juntas universales (cardán).
– Caja desmultiplicadora.
– Bielas de mando.
– Rótulas.

El mecanismo de la dirección se diseña y adapta para cada vehículo:

– En motocicletas se montan los sistemas de dirección más sencillos.
– En vehículos ligeros de poco peso se montan direcciones de cremallera sin asistencia.
– En automóviles, tractores, camiones, maquinaria de obras públicas etc. se equipan direcciones con asistencia o ayuda en el giro. La ayuda o asistencia más empleada en las direcciones es la hidráulica.

En las direcciones sin ayuda (figura 11.2) el conductor realiza la fuerza en el volante (F_v) que, multiplicada por su radio (R_v), permite obtener el par de giro (Par) en el árbol de transmisión que necesita para girar las ruedas.

$$Par = F_v \times R_v$$

Diferentes ángulos en ruedas delanteras

Es importante recordar que las dos ruedas delanteras al tomar una curva no realizan el mismo recorrido, por lo que los ángulos de giro de las dos ruedas no son iguales. En un giro de 20° la diferencia puede ser de 1,5 a 2,5°.

Relación de transmisión de la dirección

La relación de transmisión de la dirección es la relación entre el ángulo de giro del volante y el ángulo al que giran las ruedas. Es la relación de desmultiplicación que tiene el conjunto de la dirección después de actuar todos sus mecanismos: volante, caja de dirección, barras de mando, etc.

La relación de transmisión se obtiene midiendo el ángulo girado del volante (α) y el obtenido en las ruedas directrices (β).

$$R_t = \frac{\text{Ángulo girado en el volante } (\alpha)}{\text{Ángulo obtenido en la rueda } (\beta)}$$

Observa que aumentando el radio del volante y aplicando la misma fuerza se aumenta el par de giro pero disminuye la relación de transmisión de la dirección.

Casos prácticos

Cálculo del par de giro de una dirección

•• Calcula el par de giro que realiza un árbol de dirección cuando se aplica una fuerza de 40 N y el volante tiene un diámetro de 55 cm.

¿Cuál sería el par de giro si el diámetro es de 70 cm?

Solución •• Aplica la fórmula del par de giro para ambos diámetros:

a) El par de giro para una fuerza de 40 N y diámetro de 55 cm es: $Par_1 = F_v \times R_{v1}$

$$R_{v1} = \frac{Ø_1}{2} = \frac{55}{2} = 27{,}5 \text{ cm} = 0{,}275 \text{ m}$$

$$Par_1 = 40 \text{ N} \times 0{,}275 \text{ m} = 11 \text{ N} \cdot \text{m} = 1{,}1 \text{ daN} \cdot \text{m} = \pm 1{,}1 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

b) El par de giro para la misma fuerza y diámetro de 70 cm es: $Par_2 = Fv \times R_{v2}$

$$R_{v2} = \frac{Ø_2}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ cm} = 0{,}35 \text{ m}$$

$$Par_2 = 40 \text{ N} \times 0{,}35 \text{ cm} = 14 \text{ N} \times \text{m} = 1{,}4 \text{ daN} \cdot \text{m} = \pm 1{,}4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Casos prácticos

Relación de transmisión en la dirección

•• Calcula la relación de transmisión de un vehículo empleando los platos goniométricos de la dirección (figura 11.3) sabiendo que girando el volante una vuelta completa el ángulo medido en el plato es de 22°.

11.3. Platos goniométricos.

Solución ••

Aplicando la fórmula para la relación de transmisión se obtiene:

$$R_t = \frac{\text{Ángulo girado en el volante } (\alpha)}{\text{Ángulo obtenido en la rueda } (\beta)} = \frac{360^\circ}{22^\circ} = \frac{16{,}36}{1}$$

1.1 > El volante

El volante es el componente de la dirección que el conductor tiene más a mano. La principal misión del volante es transmitir el giro y el par al árbol de la dirección.

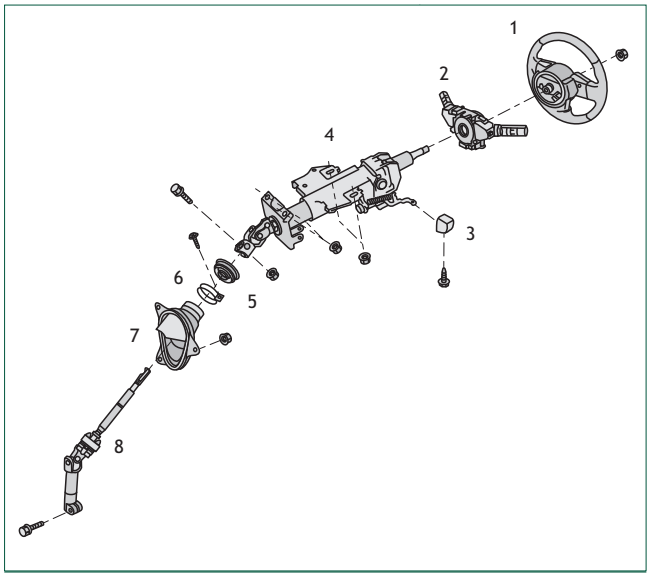
En el volante de los vehículos modernos se colocan cada vez más mandos y dispositivos (figura 11.4): airbag, interruptores del claxon, botones de los equipos de sonido, etc.

El volante se encuentra engranado al árbol de dirección por medio de un eje ranurado que tiene una única posición en muchos modelos.

Para desmontar el volante, primero se debe desactivar el cojín del airbag, desconectando los dos bornes de la batería y esperando el tiempo que el fabricante recomiende, normalmente un mínimo de 10 minutos.

El airbag está conectado eléctricamente con un muelle en espiral que permite el giro del volante sin problemas para las conexiones eléctricas.

11.4. Volante con airbag y mandos.



11.5. Columna de dirección y pares de apriete de los tornillos en Nm.

1. Volante de dirección
2. Conmutador combinado y cable en espiral
3. Pomo de palanca de inclinación
4. Conjunto de la columna de dirección
5. Junta de la cubierta del orificio
6. Abrazadera
7. Cubierta del orificio
8. Eje inferior

1.2 > Árbol de dirección

El árbol de dirección transmite el par de giro desde el volante hasta la caja desmultiplicadora.

En los primeros vehículos el árbol de dirección estaba formado por una sola pieza. En los vehículos actuales el árbol de la dirección está formado por varios árboles y sus respectivas juntas universales (figura 11.5).

Este diseño de columna se denomina columna retráctil o telescópica. En caso de colisión se retrae y no golpea al conductor; también permite subir, bajar y acercar el volante al puesto del conductor.

1.3 > Cajas de dirección desmultiplicadoras

La caja de dirección es un engranaje que reduce y transforma el movimiento que recibe del árbol de transmisión.

Las cajas montadas en direcciones mecánicas pueden ser:

– Cajas o dirección de cremallera.
– Cajas con tornillo sin fin.

Dirección con caja de cremallera

La dirección de cremallera es el sistema de dirección más empleado en los automóviles pequeños ya que el árbol de la dirección y el volante quedan por detrás del eje delantero. Mecánicamente es fácil de colocar en el vehículo y tiene menos barras o tirantes articulados que los otros tipos de dirección.

La **caja desmultiplicadora** de cremallera es la pieza que caracteriza esta dirección. Su misión es transformar el movimiento giratorio del volante en un movimiento lineal en la barra de mando. El movimiento lineal de la barra de la cremallera se transmite mediante articulaciones, bieletas y rótulas a las manguetas de las ruedas delanteras.

La caja de dirección está formada por los siguientes componentes:

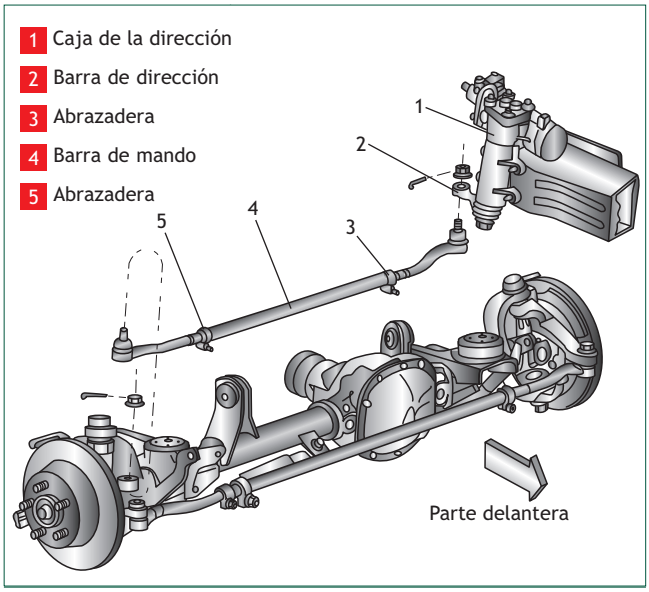
– Un piñón helicoidal.
– Una barra de mando con un dentado helicoidal, que engrana con el piñón del árbol (figura 11.6).
– Mecanismo de reglaje y retenes de hermeticidad.
– Articulaciones.
– Guardapolvos o fuelles.

En la dirección de cremallera se puede ajustar la holgura del piñón con la cremallera. La cremallera es presionada contra el piñón por un semicasquillo y un muelle tarado. Al aumentar la presión del muelle, la fuerza del casquillo contra la cremallera es mayor corrigiéndose de este modo la holgura entre el piñón y la cremallera.

11.6. Conjunto piñón y cremallera desmontados.

Dirección con tornillo sin fin

La dirección de tornillo sin fin dispone de más barras o tirantes que una dirección de cremallera, permitiendo estos tirantes realizar el accionamiento y giro de las manguetas de las dos ruedas en vehículos con características mecánicas especiales, por ejemplo, con eje delantero rígido (figura 11.7).



11.7. Dirección con caja de tornillo y eje rígido.

La dirección con caja de tornillo sin fin se monta en todoterrenos, furgonetas y en los vehículos en los que no se puede montar una dirección de cremallera por falta de espacio u otros motivos.

Los vehículos que emplean cajas con tornillo sin fin emplean un principio de funcionamiento basado en el giro del tornillo sin fin y tuerca.

Al girar el tornillo sin fin, solidario con el árbol de la dirección, se desplaza la tuerca. La tuerca, en su desplazamiento, transmite el movimiento a una palanca o brazo de mando. El brazo de mando mueve las barras de la dirección que giran las ruedas.

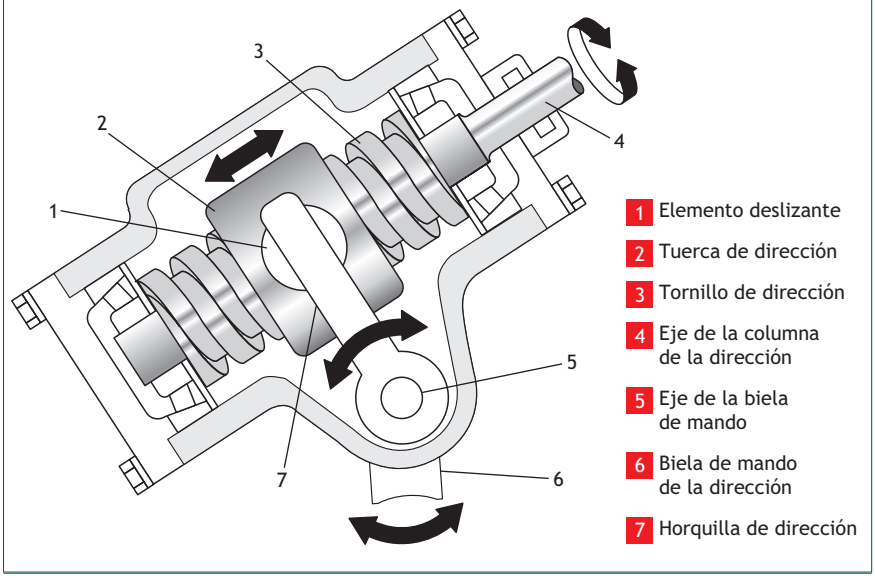
Las cajas de dirección de tornillo sin fin empleadas son las siguientes:

– Caja de tornillo y tuerca desplazable.
– Caja de tornillo y tuerca con bolas circulantes.
– Caja de tornillo globoide y rodillo.
– Caja de tornillo y sector dentado.

Caja de tornillo sin fin y tuerca desplazable

La caja de la dirección de tornillo sin fin y tuerca desplazable (figura 11.8) dispone de un tornillo sin fin (3) que gira unido al árbol de dirección (4). Al mover el volante el árbol de dirección gira el tornillo sin fin y desplaza axialmente la tuerca de dirección (2). La tuerca dispone de unos elementos deslizantes que transmiten el movimiento a la horquilla (7) y a la biela de mando (6) que, por último, desplazan las barras de mando de la tirantería y las ruedas.

Este conjunto se encuentra lubricado con aceite de engranajes. El conjunto tiene desgaste y la tuerca de dirección no es regulable, por lo que no se puede corregir la holgura entre el tornillo y la tuerca.



11.8. Conjunto tornillo sin fin y tuerca desplazable.

Rodamientos de rodillos cónicos

El árbol del tornillo sin fin se encuentra montado sobre dos rodamientos de rodillos cónicos. Recuerda que los rodamientos de rodillos cónicos se ajustan y aprietan con una precarga a un par de rodadura indicado por el fabricante. En esta caja la precarga se consigue con arandelas.

Caja de tornillo sin fin con tuerca y bolas circulantes

La caja de dirección con tuerca y bolas es una evolución de la caja de tuerca, que mejora su funcionamiento y posibilitando el reglaje de holguras. Es el modelo de caja más montado en la actualidad, que cumple todos los requisitos técnicos.

El conjunto de la figura 11.9 está formado por un tornillo sin fin tallado en el eje de la dirección (2) y una tuerca desplazable (5) que engrana en el eje de la biela de mando (6). El conjunto emplea el mismo principio de funcionamiento que la caja con tuerca desplazable, con la novedad de incorporar hileras de bolas entre el tornillo sin fin y la tuerca desplazable. Las bolas disminuyen el rozamiento y la holgura longitudinal del tornillo y el eje de la biela se puede ajustar.

Caja de tornillo sin fin globoide y rodillo

El conjunto de dirección con tornillo sin fin y rodillo (figura 11.10) tiene dos diferencias importantes con respecto al resto de cajas:

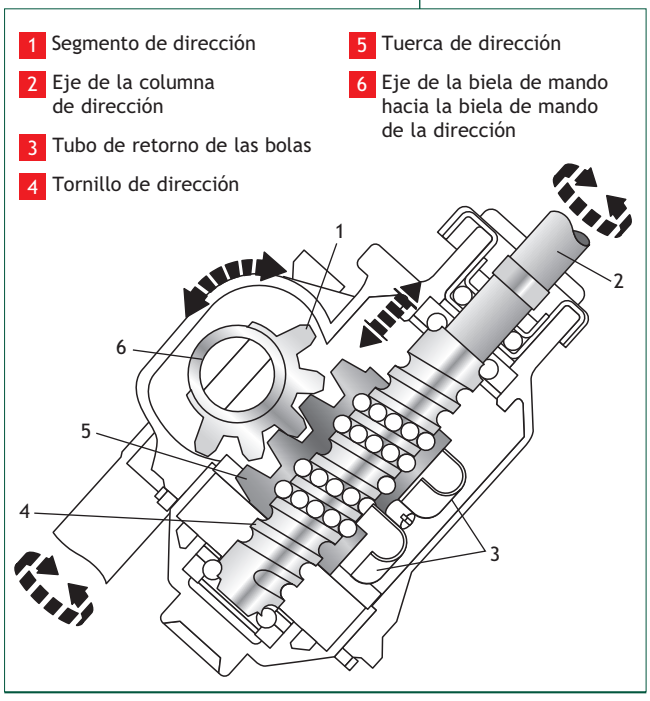
– El tornillo sin fin (1) es del tipo globoide, estrecho en el centro y ancho en los extremos que permite que el rodillo de dirección (3) pueda girar sobre su eje.
– Emplea un rodillo para sustituir al segmento dentado del eje de giro.

La caja de dirección con tornillo y rodillo tiene un funcionamiento muy silencioso y suave, conseguido por el giro del rodillo (3). Se consigue así reducir al mínimo el desgaste de las piezas.

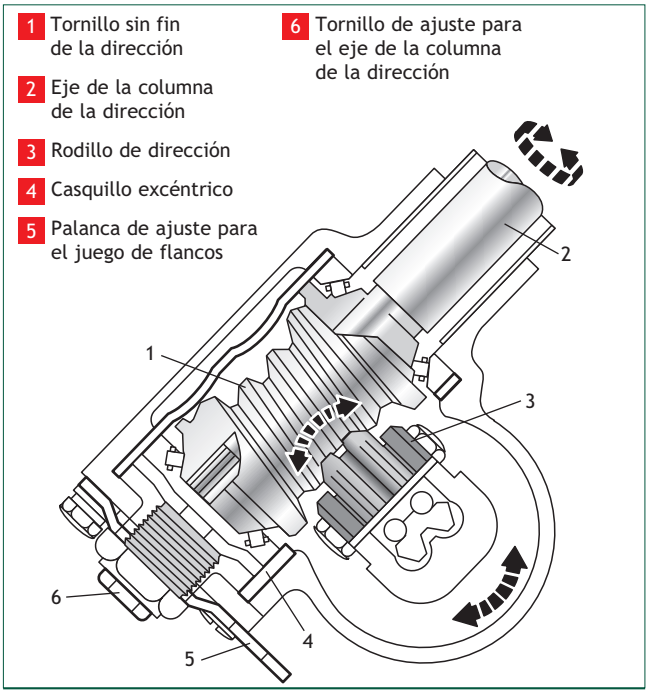
La biela de la caja se une con un estriado al brazo de mando de las barras de la dirección.

Roscas y tuercas en bieletas, rótulas y barras de mando

Las roscas empleadas en las bieletas, rótulas y barras de mando son roscas de paso fino, y las tuercas empleadas son autofrenantes o almenadas con pasadores de seguridad.



11.9. Caja de tornillo sin fin y bolas circulantes.



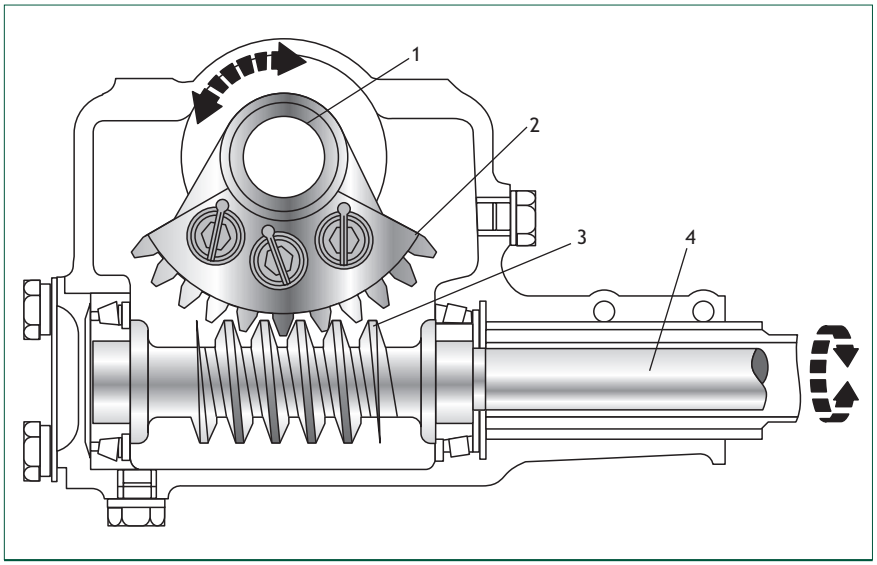
11.10. Caja con tornillo globoide y rodillo.

Caja de tornillo sin fin y sector dentado

La caja con tornillo y sector dentado de la figura 11.11 está formada por un tornillo sin fin cilíndrico (3) que gira y es movido por el eje de la columna de la dirección (4) y está montado sobre rodamientos de rodillos cónicos ajustables.

El giro del tornillo (3) se transmite al sector o segmento dentado (2), que dispone de dientes que engranan con el tornillo sin fin. El giro del sector se transmite al eje de la biela de mando (1) para mover las barras de la dirección.

El conjunto tiene un rozamiento elevado debido al deslizamiento del sector dentado en el tornillo sin fin. Esta dirección permite ajustar la separación entre el sector y el tornillo sin fin para eliminar las holguras.



1 Eje de la biela de mando hacia la biela de mando de dirección
2 Segmento de dirección
3 Tornillo sin fin cilíndrico
4 Eje de la columna de dirección

11.11. Tornillo sin fin y sector dentado.

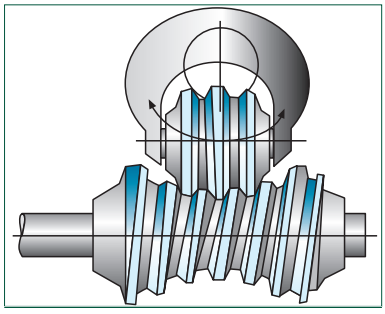
1.4 > Tirantería de mando

La tirantería de mando de la dirección transmite el movimiento lineal de la caja de dirección hasta las manguetas de las ruedas. La tirantería que tiene un vehículo depende del tipo de caja que monte.

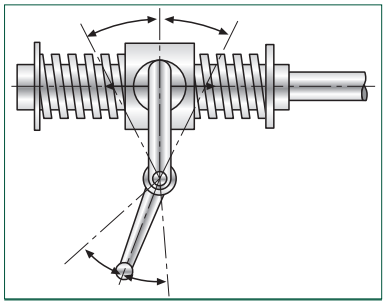
Los vehículos con dirección de cremallera tienen menos barras y componentes en la tirantería que los que montan cajas de tornillo sin fin (figura 11.14).

Las piezas que forman la tirantería son las siguientes:

– Barras de mando.
– Bieletas de dirección.
– Manguitos de ajuste.
– Palancas angulares.
– Rótulas.

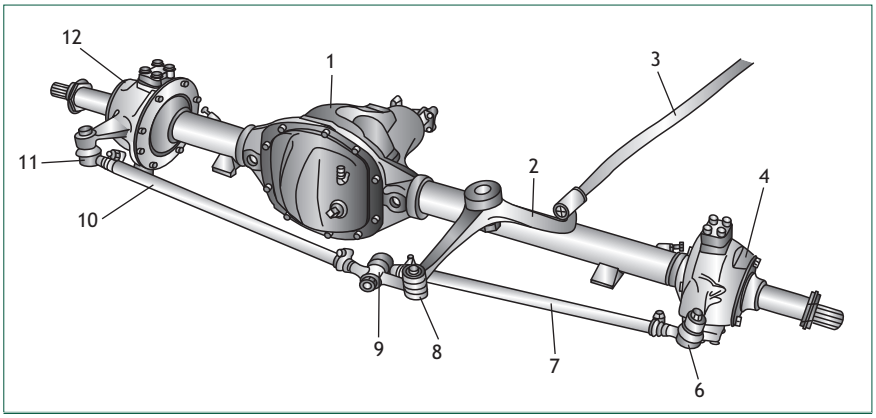


11.12. Tornillo sin fin globoide.



11.13. Tornillo sin fin cilíndrico y tuerca.

1 Diferencial delantero
2 Palanca angular
3 Barra de mando de dirección
4 Caja de orientación izquierda
5 Semieje izquierdo
6 Rótula
7 Barra de conexión de dirección izquierda
8 Rótula
9 Rótula
10 Barra de conexión de la dirección derecha
11 Rótula
12 Semieje derecho
13 Caja de orientación derecha



11.14. Tirantería de un Jeep con caja de tornillo sin fin.

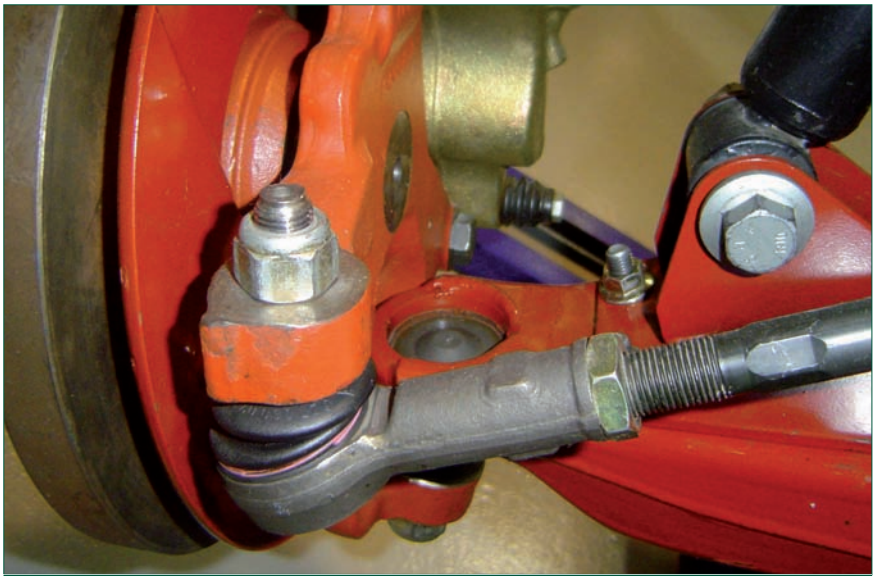
Barras de dirección

Las barras de dirección son barras de acero con una rosca interior en cada extremo. Esta rosca une las rótulas o las barras de dirección. Se emplean en las direcciones de tornillo sin fin.

Bieletas de dirección

Las bieletas de dirección son las barras de mando de las direcciones de cremallera. Transmiten el movimiento de la caja de la dirección hasta las rótulas.

Las bieletas se unen a la barra de cremallera con una rótula de bola que permite su giro y los desplazamiento angulares de la bieleta. En el otro extremo tienen una rosca para unirla a la rótula (figura 11.15). Girando las bieletas con las rótulas montadas se puede alargar o acortar la longitud de la bieleta, modificando las cotas de la dirección (convergencia o divergencia).



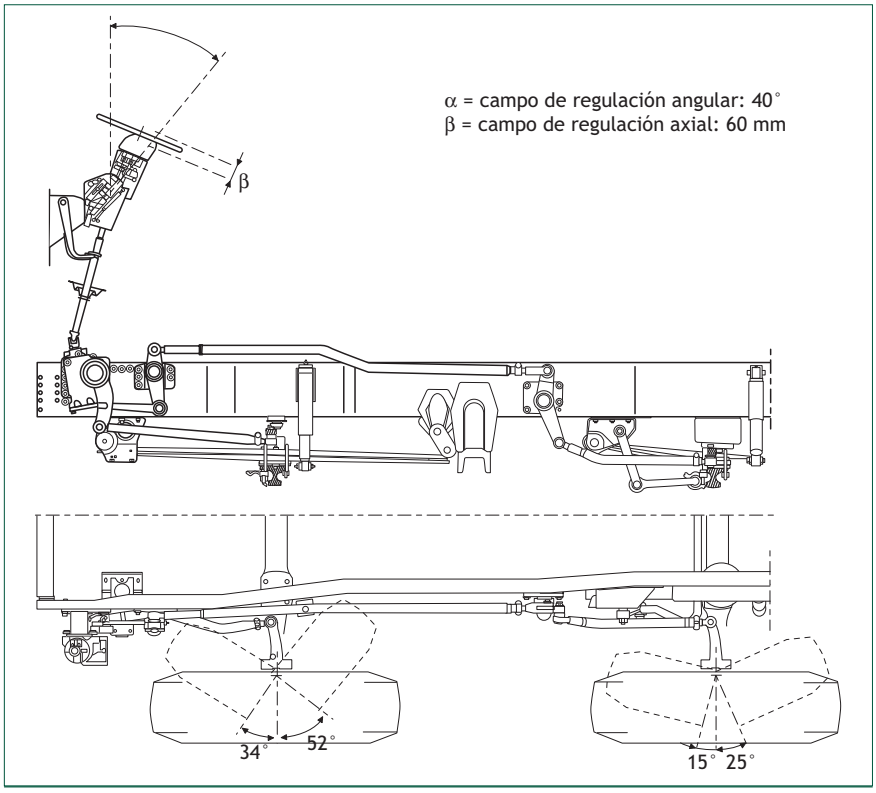
11.15. Bieleta y rótula de dirección.

2 >> Direcciones de doble eje

Las direcciones de doble eje se montan en vehículos industriales generalmente de 3 ó 4 ejes. El sistema de dirección de doble eje actúa sobre las cuatro ruedas de los dos primeros ejes.

El conjunto de brazos y tirantería de dirección (figura 11.16) consigue una inclinación diferenciada en ángulos de giro en cada una de las cuatro ruedas directrices.

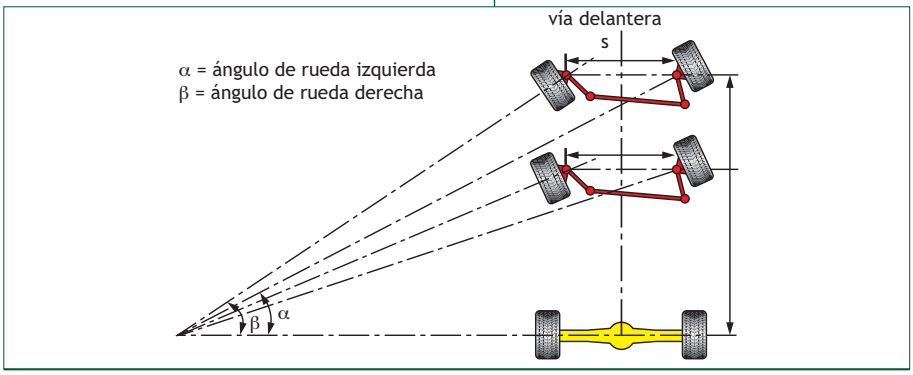
El volante dispone de regulación para adaptarse a la posición del conductor: una regulación angular α de 40° y otra regulación en altura β de 60 mm.



11.16. Tirantería de dirección de cuatro ruedas directrices. Fuente: IVECO.

Durante la marcha del vehículo las cuatro ruedas directrices girarán paralelas entre sí, es decir, sin convergencia ni divergencia.

Cuando se inicia una curva las ruedas interiores deberán girar con un mayor ángulo que las exteriores y siempre perpendiculares al eje O prolongado del eje trasero.



11.17. Punto geométrico de giro o centro de rotación.

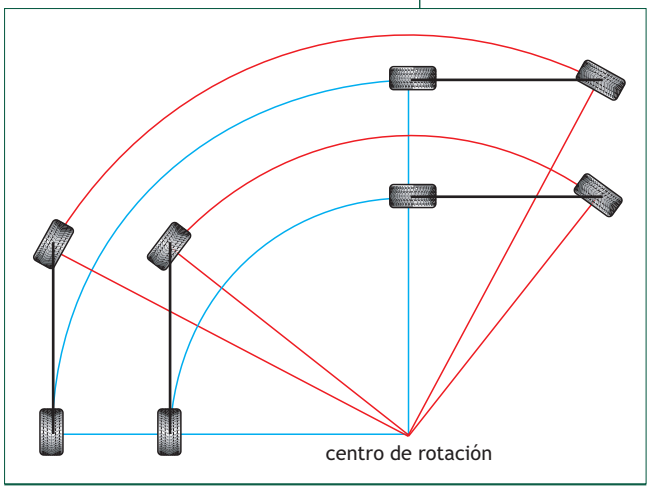
3 >> Geometría de ejes

La condición más importante de la normativa pretende conseguir que las ruedas no derrapen cuando el vehículo toma las curvas. Al tomar una curva, cada rueda recorre una trayectoria distinta. Las ruedas exteriores han de recorrer mayor camino que las interiores.

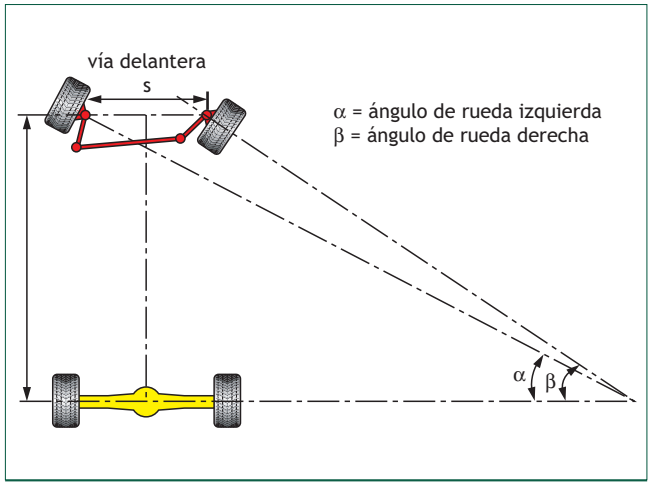
La correcta geometría de los ejes se consigue cuando las cuatro ruedas recorren circunferencias que tienen un centro común, llamado centro de rotación. El centro de rotación se encuentra en la prolongación del eje trasero (figura 11.18).

Normas de homologación de la dirección

La norma europea de homologación de los mecanismos de la dirección 70/311/CEE plantea las características constructivas que debe cumplir la geometría de los ejes de dirección.



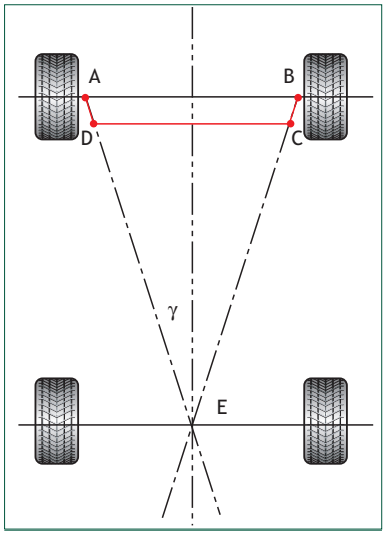
11.18. Trayectoria teórica de un vehículo en línea recta.



11.19. Ángulos de giro de las ruedas delanteras.

Los ángulos que forman las ruedas del eje delantero son distintos, menor el de la rueda exterior y mayor el de la rueda interior de la curva. El mecanismo de dirección y su tirantería deben conseguir que la diferencia de los ángulos de giro en una curva (figura 11.19) sean los adecuados en cada rueda y curva, evitando el derrapaje de las ruedas delanteras.

Para conseguir el centro instantáneo de rotación y la diferencia de giro de las ruedas delanteras la tirantería debe cumplir el cuadrilátero de Ackermann.



11.20. Cuadrilátero de Ackermann.

3.1 > Cuadrilátero de Ackermann

Cuando un vehículo gira en una curva, los ejes de todas las ruedas deben concurrir en un punto, conocido como el centro instantáneo de rotación (0).

El cuadrilátero de Ackermann permite que las ruedas tracen las curvas sin que exista un elevado arrastre. Con las ruedas en posición recta, la prolongación de la inclinación de los brazos de dirección A-D y B-C debe cortarse en el centro del eje trasero E (figura 11.20).

El cuadrilátero de dirección con los brazos A, D y B, C convergentes sobre el eje trasero representa un sistema aproximado y sencillo para obtener un viraje con un ángulo mayor en la rueda interior de la curva. Si la intersección E se encuentra delante del eje trasero, los errores se hacen sensibles a alta velocidad; si se encuentra detrás, estos se notan más a baja velocidad.

3.2 > Ángulo de empuje

El ángulo de empuje es la bisectriz de la convergencia trasera en relación con el eje longitudinal del vehículo. Este ángulo es positivo cuando las ruedas apuntan hacia la derecha y negativo cuando las ruedas apuntan hacia la izquierda.

Su valor ideal tiene que ser de 0° con tolerancia de ±12′.

Alineamiento del eje trasero con respecto al delantero

Para que el vehículo ruede estable, todas las ruedas deben describir sobre el suelo trayectorias paralelas y los ejes delantero y trasero deben estar paralelos entre sí.

Si el eje trasero no se encuentra paralelo (figura 11.22), el vehículo no tendrá un comportamiento estable, dependiendo el eje delantero de la desviación del trasero.

En todas las comprobaciones que se realicen en los vehículos es necesario comprobar el alineamiento del eje trasero con relación al delantero, sobre todo si el vehículo ha sufrido un golpe que pueda afectar al eje trasero.

3.3 > *Set back*

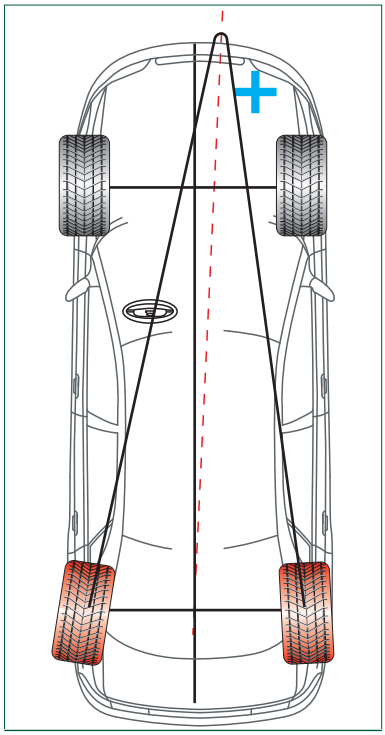
El *set back* (figura 11.23) es el ángulo formado por la línea longitudinal del vehículo y la perpendicular del eje. Este puede ser medido en grados o milímetros teniendo en cuenta la distancia entre ejes. Cuando la rueda derecha está por detrás de la izquierda el ángulo es positivo.

El *set back* puede venir provocado en el vehículo por un golpe en el eje delantero.

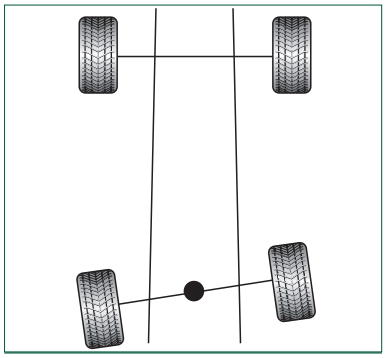
3.4 > Vía y batalla del vehículo

La vía es la distancia entre las ruedas del mismo eje medida desde el eje central de la rueda, y la batalla es la distancia entre ruedas de distinto eje (figura 11.24).

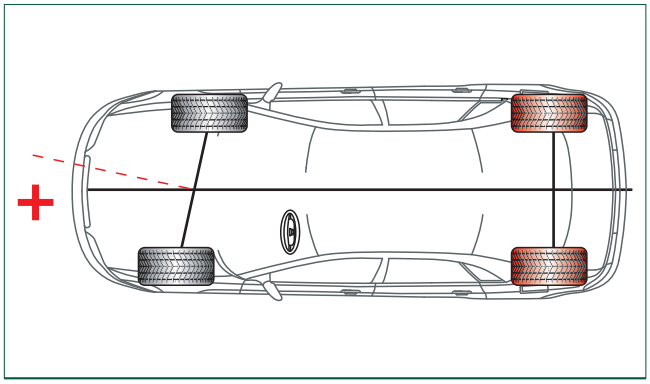
Las vías delantera y trasera de un vehículo pueden ser iguales o distintas. En cambio, las batallas delatera y trasera deben ser siempre iguales.



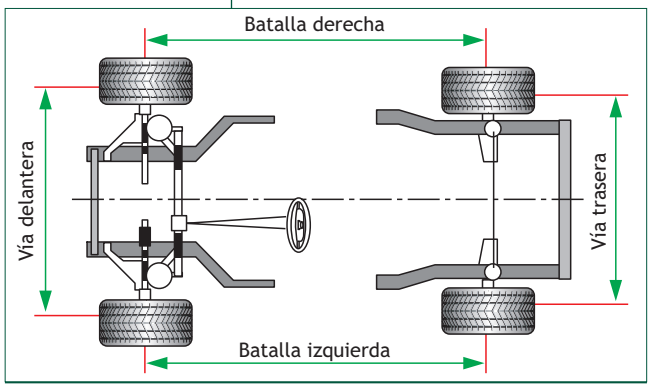
11.21. Ángulo de empuje.



11.22. Vehículo con eje trasero no alineado con el delantero.



11.23. Set back.



11.24. Vía y batalla de un vehículo.

4 >> Geometría y ángulos en las ruedas

Las ruedas de un vehículo, especialmente las ruedas de la dirección, no están completamente verticales ni paralelas al eje longitudinal. Estas ruedas no giran alrededor de un eje vertical, sino en torno a un eje inclinado.

Los ángulos de las ruedas y de los ejes de las manguetas forman los planos horizontales y verticales, así como los ángulos o cotas de las ruedas. La geometría se realiza para conseguir los siguientes resultados:

– Obtener las mejores condiciones de conducción, es decir, evitar arrastres y el desgaste de los neumáticos.
– Mejorar la estabilidad del vehículo.
– Conseguir un esfuerzo suave y progresivo en la dirección.
– Facilitar el retorno de la dirección después de tomar una curva.

Los distintos ángulos que forman las ruedas son: el paralelismo, convergencia o divergencia, el ángulo de caída, el angulo de salida y el ángulo de avance.

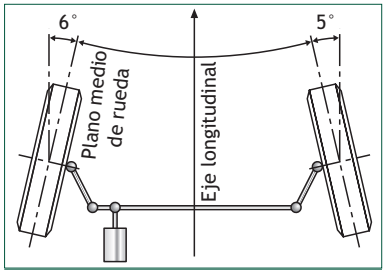
4.1 > Paralelismo, convergencia o divergencia

La convergencia mide, en milímetros o en grados, el paralelismo de las ruedas del mismo eje.

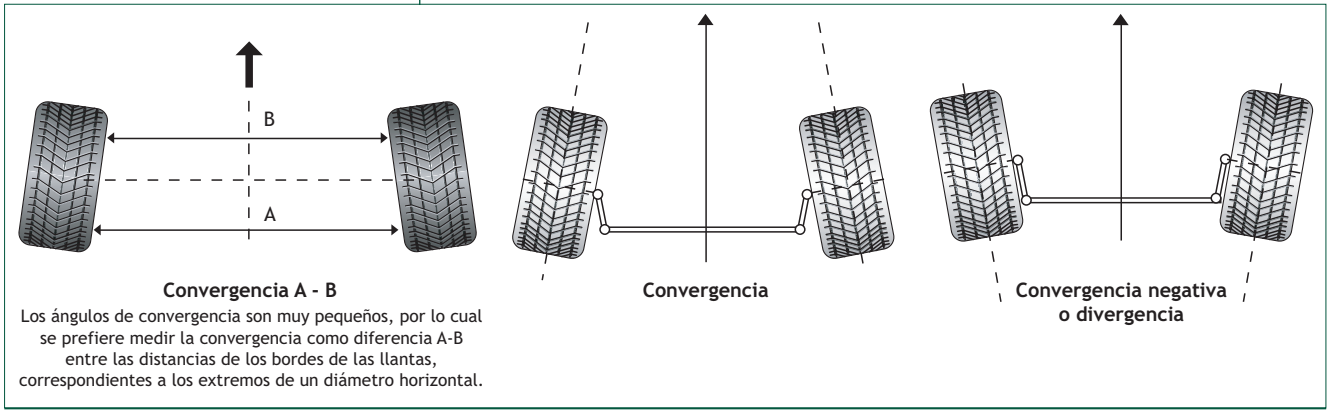
La convergencia en milímetros es la diferencia de medida entre la parte delantera de las llantas y la parte trasera, realizando la medida a la misma altura de llanta.

La convergencia es 0 cuando la medida es la misma en la parte delantera que la trasera. En este caso las ruedas se encuentran paralelas entre sí.

Cuando la prolongación de los planos que pasan por la mitad de las ruedas tiende a encontrarse delante al sentido de marcha del vehículo la convergencia es **positiva.** En esta situación (figura 11.26), la medida de la distancia en la parte delantera de las ruedas (B) es menor que la medida tomada en la parte trasera (A). En caso de que la medida A sea menor que B las ruedas tienden a encontrarse detrás del sentido de marcha del vehículo, y la convergencia es negativa o divergencia.



11.25. Convergencia en grados.



11.26. Convergencia y divergencia.

La convergencia tiene dos objetivos principales:

– Asegurar que las ruedas giren paralelas, con convergencia 0 cuando el vehículo está circulando.
– Compensar las deformaciones que se producen en las articulaciones elásticas (*silentblocks*).

La convergencia de los ejes la determina el fabricante del vehículo en milímetros y grados con las torelancias admisibles.

Por ejemplo, los siguientes valores de convergencia en un vehículo se traducen en lo siguiente:

	Milímetros	Grados	Significado
Eje delantero	0 ± 1 mm	0° ± 10′	La convergencia es 0 y puede tener 1 mm de apertura o 1 mm de cierre.
Eje trasero	2,20 ± 1 mm	0° ± 10′	Convergencia 2,20 mm con una medida máxima de 3,20 y mínima de 1,20 mm.

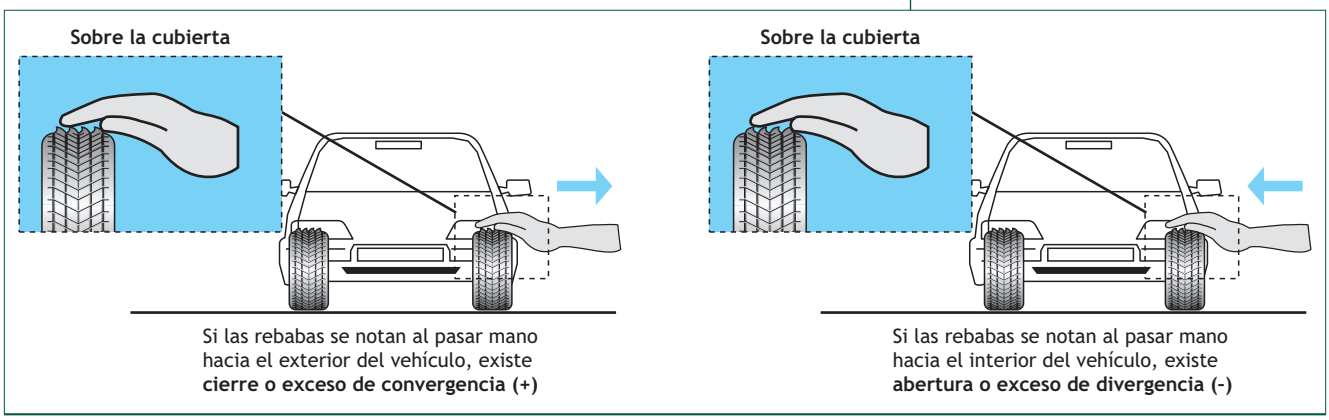
Normalmente los vehículos con las ruedas traseras motrices tienen **convergencia** en el eje delantero. Las ruedas delanteras son empujadas y tienden a abrirse. Una convergencia correcta compensa el cierre inicial consiguiendo que en condiciones de marcha la convergencia sea 0.

Los vehículos con tracción delantera suelen tener **divergencia** en el eje delantero. Las ruedas están abiertas, ya que con la tracción las ruedas tienden a cerrarse compensando la apertura inicial y rodando de forma paralela con convergencia 0.

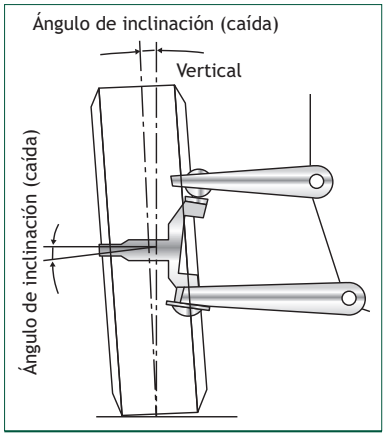
La convergencia en el eje delantero es regulable en todos los modelos, actuando sobre las bieletas de la dirección (figura 11.27).

En los vehículos con eje rígido la convergencia es cero y no es regulable. En los de eje trasero multibrazo, la convergencia es regulable con excéntricas colocadas en los silentblock, y en los que no dispongan de excéntricas de regulación se deben desmontar los tirantes o sustituir las piezas dañadas.

El reglaje incorrecto de la convergencia afecta a la estabilidad y al control del vehículo, así como al desgaste de los neumáticos.



11.27. Efectos de la convergencia o divergencia excesivas en los neumáticos.



11.28. Ángulo de caída.

4.2 › Ángulo de caída

El ángulo de caída es la inclinación de la rueda respecto al plano vertical provocada por la inclinación de la mangueta. Se mide en grados.

El ángulo de caída prduce una inclinación en la parte superior (figura 11.28) de las ruedas hacia el exterior o interior del vehículo, dependiendo de que la caída sea positiva o negativa. La caída es producida por la inclinación de la mangueta, que es el eje de giro de la rueda.

El ángulo de caída defectuoso afecta al neumático del siguiente modo:

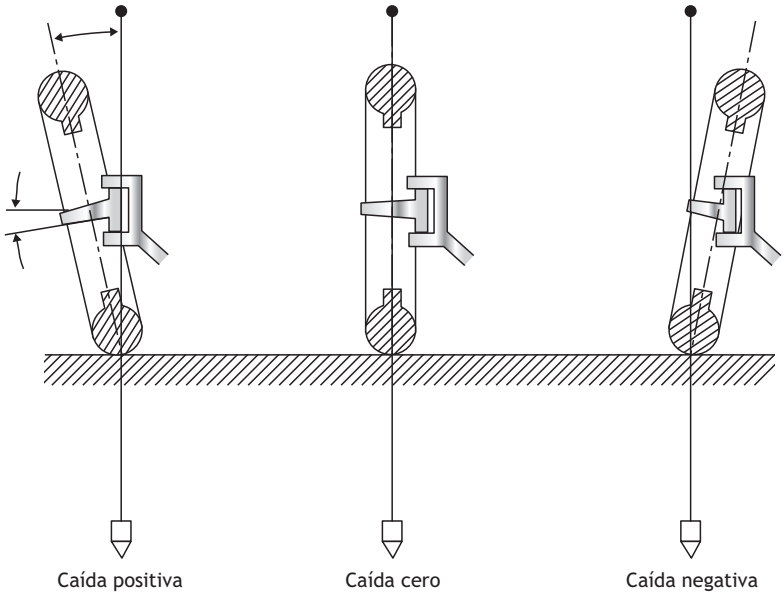
– Determina un desgaste irregular, con surcos profundos, que aumenta de un hombro a otro en sentido transversal al perfil de la banda de rodadura.
– Una caída excesiva produce un desgaste acentuado en el hombro de la banda de rodadura (exterior si es positiva, interior si es negativa).

	Caída positiva	Caída nula o cero	Caída negativa
Eje	Se encuentra con una inclinación hacia el plano de rodadura de la rueda.	El eje se encuentra paralelo al plano de rodadura sin inclinación.	Se consigue con la inclinación ascendente del eje de la mangueta.
Ruedas	Se encuentran inclinadas y cerradas en la parte de rodadura, tendiendo a converger.	Se encuentran paralelas al plano vertical.	Convergen en la parte alta. Se encuentran abiertas.

Un ángulo de caída distribuido diferentemente en las ruedas del mismo eje produce una desviación del sentido de marcha hacia la parte donde se monta la rueda que presenta un ángulo de caída menor (en el caso de caída negativa).

Ángulo de caída en el eje trasero

El eje delantero de un vehículo siempre tiene ángulo de caída. En el eje trasero, los modelos con eje multibrazo y con convergencia también presentan ángulo de caída, algo que no ocurre si este eje es rígido.



11.29. Ángulos de caída.

4.3 > Ángulo de salida

El ángulo de salida se forma con la inclinación del pivote de la dirección (king-pin) con respecto al eje vertical del neumático.

En los modelos que disponen de uniones con rótulas, el ángulo de salida es la línea trazada a través del eje de dirección de las rótulas.

El eje de dirección es el eje sobre el que giran las ruedas para dirigir el vehículo.

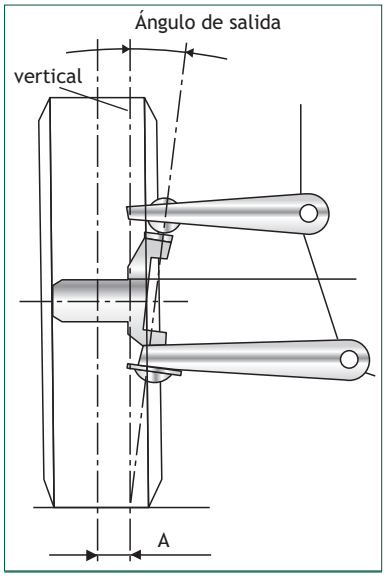
El ángulo de salida permite:

– Una aproximación del centro de apoyo del neumático a la intersección del eje del pivote con el suelo. Esto disminuye el par de giro en las ruedas y en el volante.
– Determinar la estabilidad en la trayectoria del movimiento del vehículo, en el sentido de que por cada movimiento de la dirección se crean fuerzas estáticas que tienden a llevar el coche a la posición de marcha rectilínea.
– Reducir el radio de rodadura sin recurrir a la caída.
– Favorecer el retorno de la dirección a la posición en línea recta.

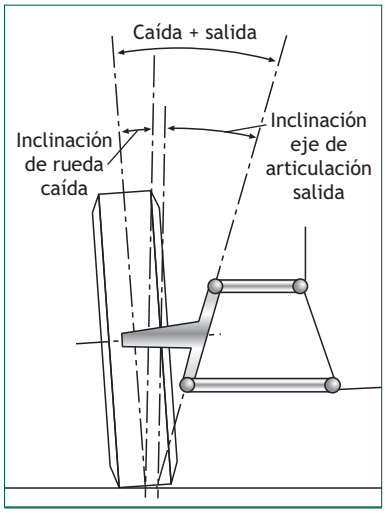
Los desajustes en el ángulo de salida tienen las mismas consecuencias que las producidas por el ángulo de caída.

El ángulo de salida y el de caída se encuentran vinculados por la mangueta y las rótulas. Muchos fabricantes suman los dos ángulos y los denominan **ángulo incluido** (figura 11.31).

En la información técnica que facilitan solamente aparecen los datos de la caída, de forma que midiendo y ajustando la caída también se mide y ajusta la salida.



11.30. Ángulo de salida.



11.31. Ángulo incluido.

4.4 > Ángulo de avance

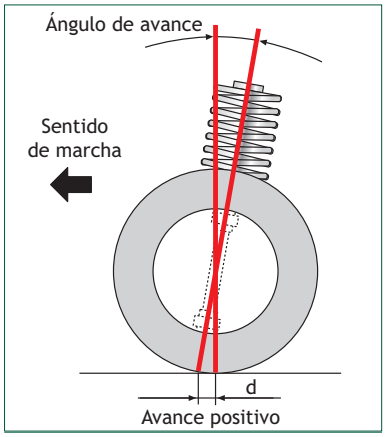
El ángulo de avance es el que forma el eje de pivote de la mangueta con la vertical, mirando el vehículo por la parte lateral (figura 11.32). Se mide en grados y puede ser positivo o negativo. Se toma como positivo cuando la prolongación del pivote encuentra el terreno en un punto situado delante de la huella del neumático y negativo, cuando se encuentra por detrás.

Un valor positivo del ángulo de incidencia hace que el eje de giro de la rueda se encuentre delante del centro de la huella, creando al moverse un par que endurece la dirección. Dicho fenómeno contribuye a mantener el vehículo en línea recta, garantizando una conducción segura.

El ángulo de avance se encuentra vinculado con la dirección y normalmente se da en el eje delantero. Se mide en grados y es una medida pequeña entre 1 y 5°. En muchos vehículos el avance es regulable.

Un avance demasiado positivo hace que las irregularidades de la carretera se transmitan más fácilmente a la dirección.

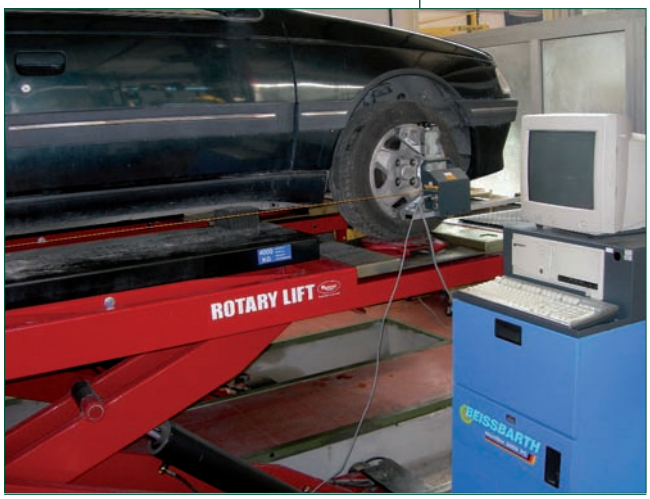
Para minimizar los efectos de un excesivo avance de la dirección se utiliza un amortiguador de dirección.



11.32. Ángulo de avance positivo.

5 >> Alineación de la dirección

El alineado de ejes es el proceso en el que se comprueba que todos los ángulos, cotas y distancias de ejes y ruedas se encuentran dentro de las medidas y tolerancias que indica el fabricante.



11.33. Equipo electrónico convencional.

El alineado de la dirección se realiza en los siguientes casos:

- Cuando el vehículo no tiene un comportamiento estable en la conducción: el volante no vuelve al soltarlo, el vehículo tiende a desplazarse de la trayectoria recta, etc.
- Los neumáticos tienen un desgaste rápido y desigual en las bandas de rodadura.
- Al cambiar componentes de la dirección y de la suspensión que afecten a las medidas iniciales del vehículo, cambio de rótulas, cremallera de dirección, etc.

Para realizar correctamente el alineado de la dirección y de los ejes es necesario conocer sus cotas. En el alineado se emplean equipos de medida diseñados para este trabajo.

5.1 > Equipos de medición

Los equipos de medición pueden ser mecánicos, electrónicos convencionales y 3D.

- **Equipos mecánicos.** Consisten en sistemas tradicionales de medición de cotas de dirección. Los más conocidos son el sistema de medición por hilos y el sistema de rayo de luz.
- **Equipos electrónicos convencionales.** Los captadores se comunican entre sí mediante elásticos de goma. La comunicación eléctrica entre los captadores y el equipo se realiza mediante cables o por medio de radio. Con los equipos electrónicos convencionales es necesario poner un captador en cada rueda y es conveniente realizar el alabeo de estas.
- **Equipos 3D.** Son los más sofisticados en el campo de la geometría. Trabajan en tres dimensiones y realizan el alabeo sin suspender el vehículo.

El manejo del equipo y la preparación del vehículo se deben realizar siguiendo las indicaciones y recomendaciones particulares de cada modelo de alineador.

La preparación del vehículo es similar en todos los modelos de alineador y se realiza de la siguiente manera:

- Colocar el vehículo en un elevador de plataformas con rebajes para los platos goniométricos y nivelado o un foso preparado con los platos a nivel.
- Comprobar que el vehículo se encuentra bien de los componentes y conjuntos que puedan afectar a la geometría de ruedas y ejes (mecanismos de suspensión, dirección, frenos, ruedas y neumáticos).

Datos del fabricante

El fabricante proporciona los valores de los ángulos de la geometría del vehículo. Estos son los más habituales:

Eje delantero	Eje trasero
Convergencia o divergencia	Convergencia o divergencia
Caída	Caída
Salida	–
Avance	–

11.34. Equipo de alineación 3D.

Técnica

Comprobaciones de los mecanismos de suspensión

- Verificar que los mecanismos no tienen holguras, articulaciones elásticas, rótulas, *silentblock*, rodamientos, etc. que pudieran falsear las medidas del alineador.
- Comprobar la altura compensada de la carrocería en las ruedas traseras.

Verificaciones que se realizan en las ruedas

- Comprobar que la presión de los cuatro neumáticos es la indicada por el fabricante.
- Comprobar que el desgaste de las cubiertas es similar. La diferencia entre la rueda izquierda y derecha de un mismo eje debe ser como máximo de 2 mm.
- Comprobar que las ruedas están homologadas para el vehículo, llantas y neumáticos.
- Verificar que las llantas no tengan golpes ni deformaciones excesivas.

Comprobaciones de la dirección

- Giro con suavidad y sin saltos ni ruidos anormales de tope a tope.
- Holguras en la caja y fijaciones al chasis.
- Juego excesivo de las rótulas de la dirección.

11.35. Equipo electrónico.

5.2 > Preparaciones iniciales para la medición

Para evitar que pueda falsearse el resultado de la medición es necesario compensar la excentricidad de las llantas con el equipo que se ha colocado en la rueda:

– Bajar el vehículo y bachearlo.
– Colocar el fijador del volante (figura 11.36).

Una vez colocado el vehículo en el lugar apropiado para realizar la medición, bacheado, colocado el fijador del freno, el volante y los útiles en las ruedas se siguen las instrucciones de manejo del equipo.

En los equipos gestionados electrónicamente, la memoria del equipo tiene memorizados los ángulos y las tolerancias admisibles de todos los vehículos.

Siguiendo el proceso de medición paso a paso, el equipo realiza la medición de todos los ángulos y los compara con los valores reales indicando los ángulos y sus medidas y si se encuentran fuera de tolerancias. El equipo tiene disponible la función de reparación en la cual el equipo permite realizar el ajuste de las cotas y ángulos que se pueden regular: convergencia, caída, salida y avance en los modelos que se pueden ajustar.

11.36. Bloqueo con el útil de fijación.

5.3 > Ejemplo de cotas en un vehículo

	Tren de rodaje estándar	Tren de rodaje deportivo	Tren de rodaje carreteras en malas condiciones
	A cada tren de rodaje se le asignan los valores de ajuste correspondientes en función del número PR de la suspensión del eje delantero		
Convergencia total - ajustable	+10´± 10´		
Ángulo de convergencia en viraje de 20°, en la rueda interior de la curva	-1° 32´ ± 20´	-1° 32´ ± 20´	-1° 28´ ± 20´
Ángulo de convergencia en viraje completo, en la rueda interior	6° 50´	6° 45´	6° 50´
Ángulo de viraje máximo de la rueda	38° 37± 45´	38° 37´ ± 45´	39° 34´ ± 45´
Caída con las ruedas rectas	-39´ ± 30´	-39´ ± 30´	-15´ ± 30´
Diferencia máxima entre ambos lados	30´	30´	30´
Avance	4° 42´ ± 30´	4° 42´ ± 30´	2° 42´ ± 30´
Distancia entre el centro del eje de rueda al borde del pasarruedas	354 mm		384 mm

5.4 > Averías por fallos en los ángulos de la dirección

Ángulo	Defectos	Consecuencias
Avance	Tiene menos avance en las dos ruedas	- Mal retorno de la dirección. - Flotación del vehículo (falta de estabilidad de la dirección).
	Tiene más avance en las dos ruedas	- Dirección dura, inestable en curvas. - Retroceso excesivo.
	Desigualmente repartido	- Tracción hacia el lado donde el ángulo es menor. - Inestabilidad de la dirección.
Caída	Tiene menos caída en las dos ruedas	- Reacciones en la dirección.
	Tiene más caída en las dos ruedas	- Desgaste del borde exterior de las dos ruedas.
	Cada rueda tiene una caída	- Tracción hacia el lado donde el ángulo es mayor.
Salida	Mayor salida	- Dirección dura. - Retroceso importante.
	Menor salida	- Reacciones de la dirección. - Falta de retroceso, dirección suave.
Convergencia	Demasiada convergencia o falta de apertura	- Desgaste del borde exterior de los neumáticos en calzada plana. - Desgaste importante del borde exterior del neumático en carretera peraltada a la derecha.
	Demasiada apertura o falta de convergencia	- Desgaste del borde interior de los neumáticos en calzada plana. - Desgaste importante del borde interior del neumático izquierdo en carretera peraltada a la derecha.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué es la relación de transmisión de una dirección y cómo se puede medir?

2·· Explica el funcionamiento de una dirección de cremallera y la forma de realizar el reglaje del piñón y cremallera.

3·· Explica la misión que realiza la tirantería de la dirección y nombra las piezas que la componen.

4·· ¿Qué es el centro de rotación en la trayectoria que realiza un vehículo?

5·· Realiza un croquis explicativo de la batalla y la vía de los vehículos.

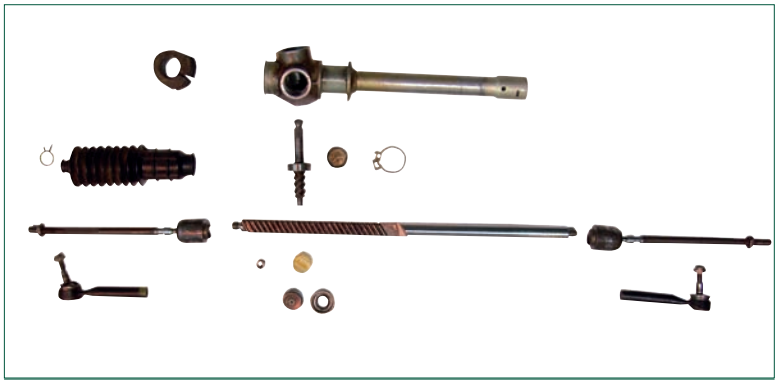
6·· Anota los ángulos que pueden tener las ruedas del eje delantero y las ruedas del eje trasero de un automóvil. ¿Por qué no son los mismos ángulos en los dos ejes?

7·· Explica qué es la convergencia de las ruedas y cómo se realiza su ajuste.

8·· Realiza un croquis de los ángulos de caída, salida y avance y explica la misión que realiza cada ángulo en la geometría de ejes y dirección.

9·· Anota las comprobaciones que es necesario realizar a la suspensión, dirección y ruedas antes de realizar un alineado de ejes y ruedas.

10·· Identifica en la figura 11.37 los elementos del sistema de dirección.



11.37. Elementos del sistema de dirección.

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza la medición de la relación de transmisión de una dirección de un automóvil empleando dos platos goniométricos.

2·· Realiza el reglaje de la holgura de una caja de dirección de cremallera.

3·· Desmonta una dirección de cremallera de un automóvil.

4·· Realiza la sustitución de una barra de mando de la dirección de un vehículo.

5·· Realiza la comprobación de los elementos de la suspensión, dirección y ruedas previos al alineado.

6·· Comprueba la geometría de los ejes y ruedas de un automóvil empleando un equipo de alinear.

Caso final

Realización de la geometría de la dirección de un vehículo

•• Un vehículo de ocasión llega al taller con ruedas nuevas y el cliente te dice que las ruedas gastan mal. Realiza la geometría de la dirección del vehículo y regula las cotas de la dirección.

Solución •• Tras recepcionar el vehículo, verifica si existe algún tipo de holgura de rodamientos, de rótulas, etc. Si existiera algún tipo de defecto debes repararlo antes de realizar la geometría.

11.38. Comprobación de holguras de forma manual.

11.39. Comprobación de holguras con un desmontable.

1. Si el vehículo está en buen estado, comprueba que las presiones de los neumáticos ajustándolas en caso necesario a la presión determinada por el fabricante, 2,2 bar delante y 2,4 bar detrás (figura 11.40).
2. Mide la altura del bastidor y regúlala en caso necesario. Si hubiera que hacer la geometría al vehículo bajo carga, incluye esta en el lugar especificado por el fabricante.
3. Halla el centro de la dirección girando el volante de tope a tope y comprueba que la dirección se encuentra en el punto medio. Marca una referencia en el volante (figura 11.41).

11.40. Medición de la presión.

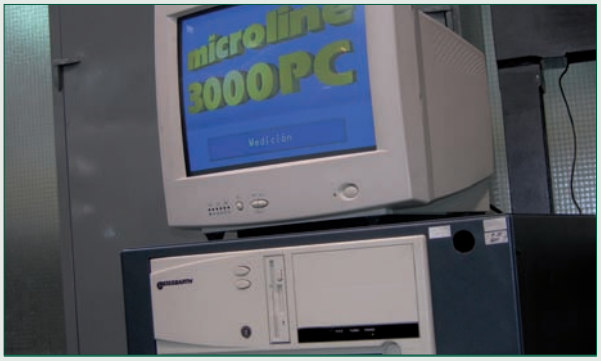
11.41. Punto medio de la dirección.

4. Monta el equipo de la geometría al vehículo: garras, sensores, elásticos, cableado, etc. y comienza el proceso de medición de ángulos (figuras 11.42 y 11.43). Recuerda que los equipos pueden variar (figura 11.44).

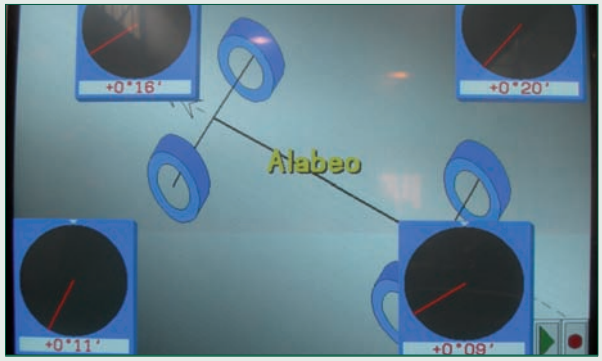
11.42. Montaje de la garra y el sensor delantero.

11.43. Montaje del cableado.

5. En el proceso de medición, en primer lugar realiza el alabeo de las ruedas (figura 11.45). Esto permitirá compensar a la máquina las pequeñas deformaciones de la llanta en unión con las garras del equipo.

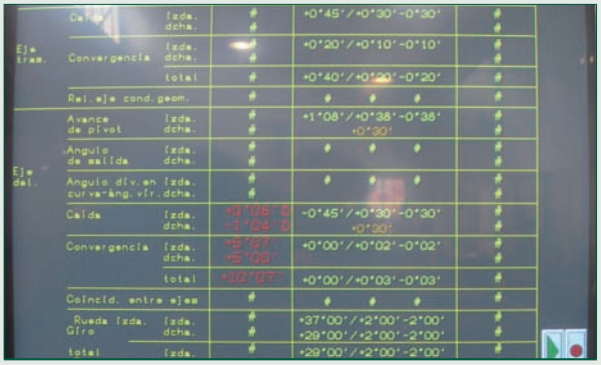


11.44. Equipo de alineación.



11.45. Alabeo de las ruedas.

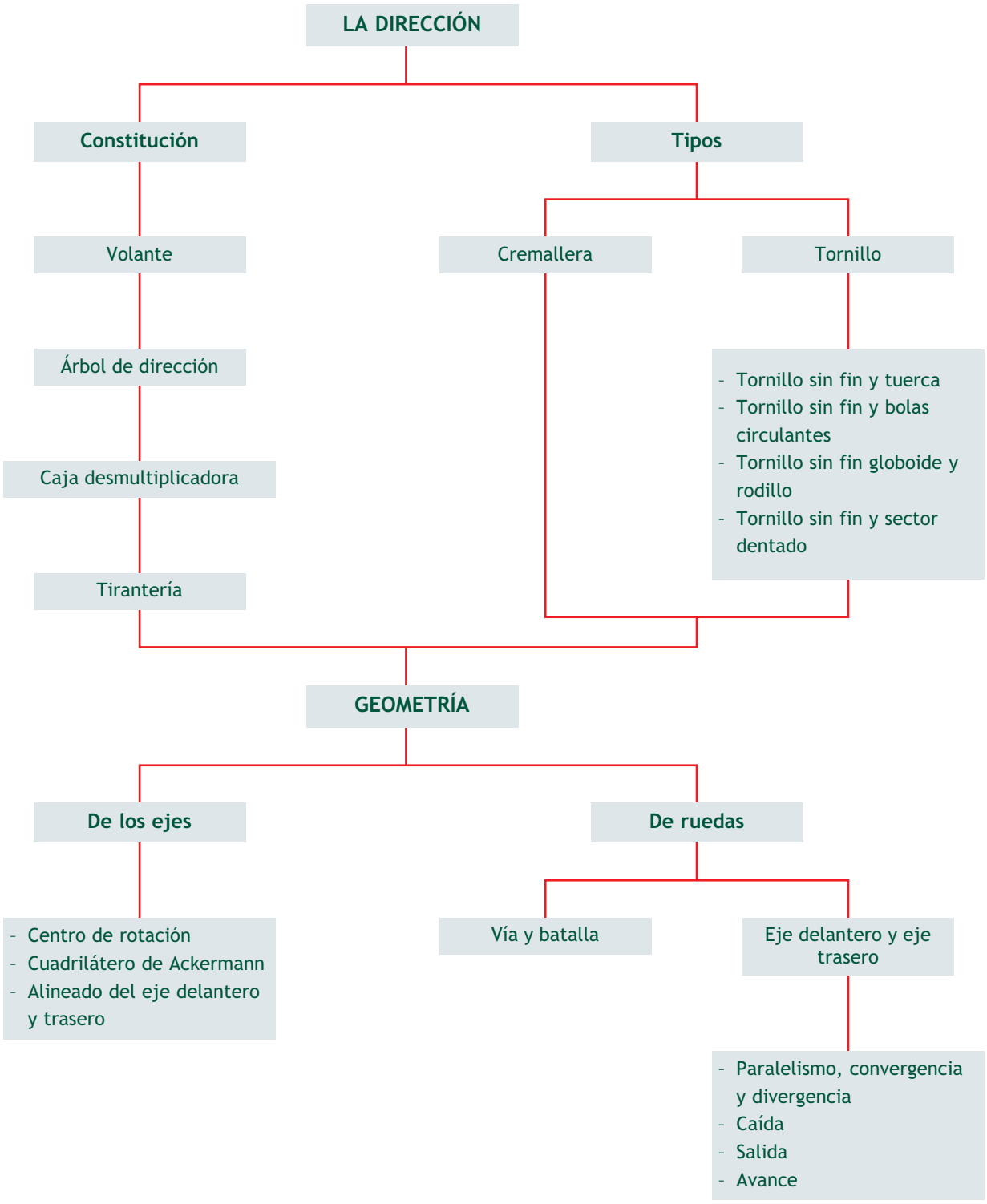
6. Una vez realizado el alabeo sigue el procedimiento de medición del equipo hasta que obtengas los datos de la medición (figura 11.46). Estos corresponderán a la convergencia, caída, salida, avance, etc. del eje delantero y trasero.
7. Realizaremos el ajuste del vehículo (figura 11.47), en primer lugar en el eje trasero y luego en el delantero (avance, caída, convergencia).



11.46. Datos de alineación.

11.47. Regulación de la convergencia.

Ideas clave


LA DIRECCIÓN
Constitución
Tipos
Volante
Cremallera
Tornillo
Árbol de dirección
- Tornillo sin fin y tuerca
- Tornillo sin fin y bolas circulantes
- Tornillo sin fin globoide y rodillo
- Tornillo sin fin y sector dentado
Caja desmultiplicadora
Tirantería
GEOMETRÍA
De los ejes
De ruedas
- Centro de rotación
- Cuadrilátero de Ackermann
- Alineado del eje delantero y trasero
Vía y batalla
Eje delantero y eje trasero
- Paralelismo, convergencia y divergencia
- Caída
- Salida
- Avance

LA GEOMETRÍA EN EL AUTOMÓVIL

La aplicación de una de las más antiguas ciencias a nuestro coche es poco conocida por el gran público pero se trata de un aspecto muy interesante, especialmente por lo que atañe a la seguridad.

Las medidas y proporciones de un vehículo afectan de forma radical a su comportamiento. El hecho de que un deportivo sea corto, ancho y bajo no es ni casualidad ni cuestión de imagen. Existen unos fundamentos físicos muy complejos en los que se basa el diseño de un automóvil.

La distancia entre las ruedas de un mismo eje se denomina **vía,** mientras que la distancia entre el eje trasero y delantero es la **batalla.** Una vía ancha aporta mayor estabilidad en las curvas, mientras que la batalla gana estabilidad para el vehículo cuando es más larga y hace al coche más ágil y «nervioso» cuando se acorta.

El principio físico que origina estos comportamientos es el de la transferencia de cargas entre los ejes durante las aceleraciones, frenadas y entre las ruedas en los pasos por curva. El fabricante elegirá las proporciones para el chasis de su vehículo de acuerdo al carácter que le quiera aportar en su futura conducción.

Otra aplicación de la geometría que garantiza nuestra seguridad es la **convergencia.** Se trata de inclinar ligeramente las ruedas delanteras hacia el interior del vehículo para asegurar una trayectoria recta. Incluso, si accidentalmente soltamos el volante con el automóvil en marcha, este ángulo impedirá que nos desviemos de nuestra trayectoria.

En este efecto también influye el pivote de la dirección, la pieza que se fija a la rueda y sobre la que el brazo y la leva de dirección ejercen fuerza para hacerla girar. Habitualmente se coloca con un pequeño ángulo respecto al diámetro horizontal de la llanta y una ligera inclinación hacia el eje. Estas medidas han de ser cuidadosamente calculadas por los ingenieros, ya que pequeñas variaciones en los ángulos pueden suponer importantes mejoras o deficiencias en la estabilidad.

Sin embargo, ninguna de estas medidas será efectiva si nos falla el elemento de contacto con el suelo: el neumático. Cuando la rueda gira no lo hace exactamente en la dirección que le correspondería según el ángulo que le aplicamos. La elasticidad del caucho, la presión de la cámara de aire y el dibujo de la superficie provocan una pequeña deformación que hace que la rueda gire un poco menos de lo que debería.

Los técnicos lo denominan **ángulo de deriva** y es mayor cuanta más distancia exista entre el límite de la llanta y el punto de contacto de la rueda con el suelo, es decir, lo que se conoce como **perfil.** Es por esta razón que los vehículos deportivos calzan neumáticos de perfil bajo, sacrificando comodidad, al disponer de menos cámara de aire para amortiguar las irregularidades de la carretera, a cambio de precisión en el giro a altas velocidades.

Cuando un neumático está bajo de presión se deforma en exceso en las curvas al estar «más blando» y, por tanto, el ángulo de deriva es mayor y la conducción se torna imprevisible con el peligro que esto conlleva.

Algunos aficionados al automóvil suelen cambiar las ruedas originales de su automóvil por otras de diferentes medidas, en muchas ocasiones por una simple cuestión de imagen, sin saber que unos pocos milímetros cambian sustancialmente estas medidas y ángulos que son fundamentales para la seguridad. Por esta razón, cualquier modificación en nuestro automóvil, ya sea en la dirección, ruedas o potencia del motor, debe ser supervisada por un especialista y homologada para su uso en las vías públicas.

11.48. Alineación de un vehículo de competición.

unidad 12

La dirección asistida

SUMARIO

- La dirección asistida
- Servoasistencia hidráulica
- Gestión electrónica en las direcciones
- Servoasistencia eléctrica

OBJETIVOS

- Conocer los distintos tipos de servodirecciones y su funcionamiento.
- Identificar y aprender el funcionamiento de los componentes de los sistemas de servodirección.
- Diagnosticar las direcciones con servoasistencia hidráulica y eléctrica.
- Realizar prácticas de reparación y mantenimiento de las servodirecciones.

1 >> La dirección asistida

Los vehículos realizan sus maniobras gracias al mecanismo de dirección que disponen.

Este permite dirigir o direccionar las ruedas de acuerdo con la intención del conductor.

Antiguamente, los vehículos utilizaban direcciones mecánicas con los inconvenientes que estas ofrecían:

– Cuando el vehículo estaba en parado, la dirección era muy dura y ello obligaba a los fabricantes a realizar grandes desmultiplicaciones en la dirección o en sus componentes, lo que requería dar gran número de vueltas al volante para realizar maniobras.
– Cuando el vehículo se encontraba en movimiento, sobre todo con el aumento de velocidad, la dirección pasaba a ser muy blanda y ello provocaba inseguridad en la conducción.

Actualmente, los fabricantes tienen en cuenta los factores que intervienen en la dirección para un correcto funcionamiento y con ellos fabrican direcciones que permiten dar una solución a estos inconvenientes.

Los principales factores que intervienen en la resistencia al giro del volante son:

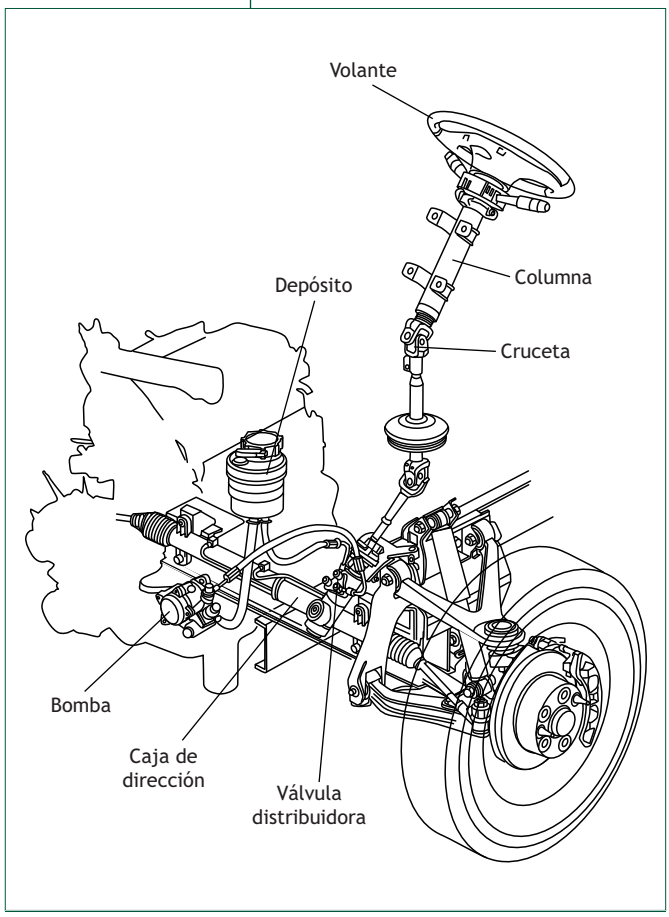
– El peso del vehículo.
– La presión de inflado de los neumáticos.
– El área de contacto del neumático con el suelo.
– El tipo de neumático.
– El tipo de pavimento.
– La velocidad de desplazamiento del vehículo.

La dirección asistida nace de la evolución de las direcciones mecánicas, de cremallera o de sin fin, a las que se le ha incorporado una asistencia que multiplica la fuerza que el conductor realiza sobre el volante al maniobrar el vehículo.

Existen numerosos tipos de dirección asistida, aunque los más utilizados en los automóviles actuales son los siguientes:

– Hidráulica.
– Mecánica con asistencia hidráulica.
– Mecánicas con asistencia hidráulica y gestión electrónica.
– Mecánica con asistencia eléctrica.

12.1. Peugeot 601 con dirección mecánica.

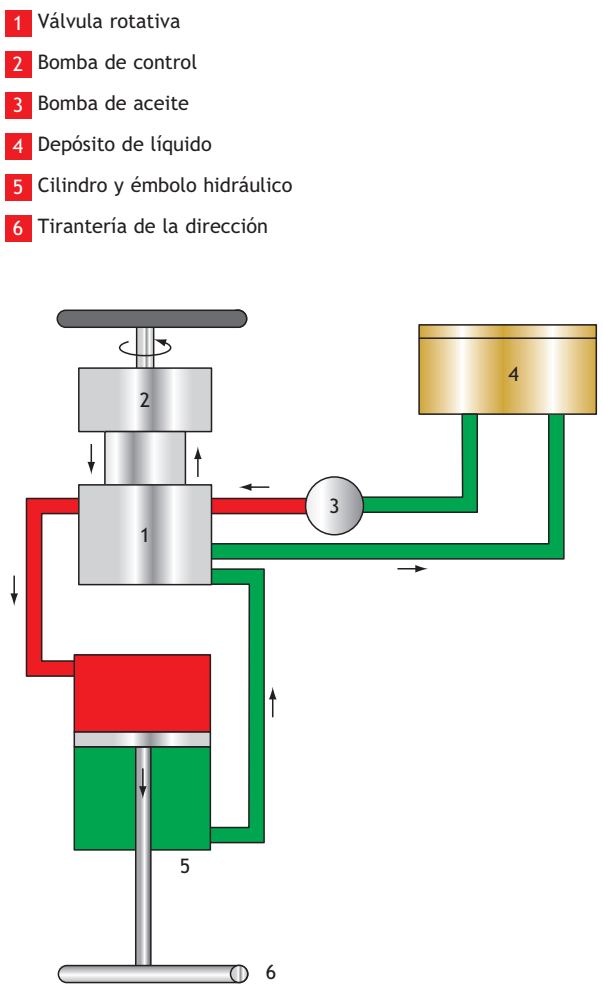


12.2. Dirección asistida.

2 >> Dirección hidráulica

La dirección hidráulica es aquella en la que no hay una unión mecánica entre el eje de la dirección y las ruedas dirigidas, sino que se trata de una dirección completamente hidráulica, donde el líquido hidráulico fluye desde la bomba hidráulica, movida por el motor del vehículo, hasta la bomba de control.

Esta dirección está formada básicamente por los componentes de la figura 12.3:



12.3. Componentes de la dirección hidráulica.

– Válvula rotativa.
– Bomba de control.
– Bomba de aceite.
– Depósito de líquido.
– Cilindro y émbolo hidráulico.
– Tirantería de la dirección.

Funcionamiento de la dirección hidráulica

En la dirección hidráulica, cuando el conductor gira el volante, se acciona la bomba de control y esta manda el líquido a la válvula rotativa.

La válvula rotativa distribuye el líquido hidráulico a presión al cilindro por el lado del émbolo adecuado al giro de la dirección.

El émbolo del cilindro tiene una varilla de accionamiento que acciona directamente la tirantería de la dirección.

Cuando se acciona la dirección hacia un lado, el líquido que se encuentra en el lado contrario del émbolo vuelve al depósito del líquido a través de la válvula rotativa.

Si se da una anomalía en el sistema de la servodirección hidráulica, se produce la pérdida total del control de la dirección. Por tanto, en vehículos equipados con este tipo de dirección, es necesario disponer de una bomba de dirección de emergencia.

Los sistemas de dirección hidráulica se suelen montar en vehículos agrícolas pequeños y maquinaria de construcción cuya velocidad máxima es inferior a 50 km/h.

Actividades propuestas

1·· ¿Cuáles son las diferencias entre una dirección hidráulica y una dirección con asistencia hidráulica?

2·· ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene la dirección hidráulica en un automóvil?

3·· ¿Cuáles son los componentes de la dirección hidráulica?

3 >> Dirección con asistencia hidráulica

La dirección con asistencia hidráulica es una evolución de las direcciones mecánicas, ya sean de cremallera o de tornillo sin fin, a las que se les ha adaptado un mecanismo hidráulico que sirve de ayuda al mecanismo de dirección.

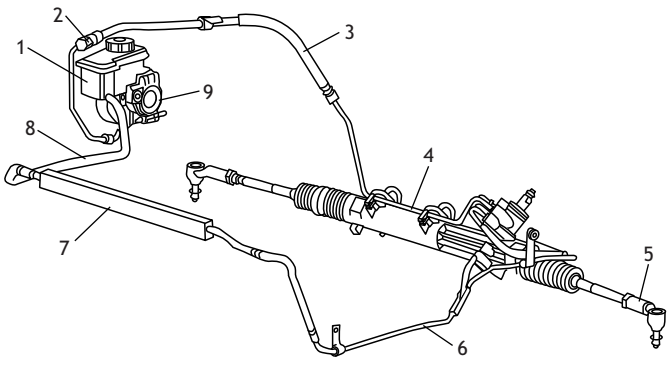
En este tipo de direcciones, la ayuda se consigue gracias a un circuito hidráulico que actúa sobre el mecanismo de la dirección enviando aceite a presión desde la bomba hacia el cilindro de asistencia.

3.1 > Circuito hidráulico de la dirección

El circuito hidráulico de la dirección asistida está formado básicamente por:

– Un depósito.
– Una bomba hidráulica.
– Una válvula distribuidora.
– Un cilindro de asistencia.
– Una válvula reguladora de presión.

Estos elementos pueden diferir entre unos u otros sistemas de dirección. Por ello, vamos a desarrollar cada elemento y las particularidades de cada sistema.



1 Depósito de líquido de la servodirección
2 Interruptor de presión de la servodirección
3 Tubería de presión
4 Mecanismo de la dirección
5 Extremo de la barra de acoplamiento
6 Tubo flexible de retorno
7 Enfriador de líquido de la servodirección
8 Tubo flexible
9 Bomba de la servodirección

12.4. Componentes de la dirección con asistencia hidráulica.

Depósito de aceite

El depósito de aceite es generalmente de uso individual para la dirección, pudiendo ir incorporado sobre la bomba de la dirección o externo a ella, unidos por una tubería, siempre en un lugar más elevado que esta.

El depósito de aceite está fabricado en plástico o chapa e interiormente incorpora un filtro para retener las impurezas que pudiera contener el aceite hidráulico.

La misión del depósito es almacenar el líquido hidráulico de dirección e indicar el nivel de este. Para ello incorpora un tapón por el cual se realiza el llenado de líquido del circuito y un nivel con las indicaciones MIN para indicar el nivel mínimo de líquido y MAX para indicar el nivel máximo. Algunos depósitos incorporan en el tapón una varilla indicadora del nivel.

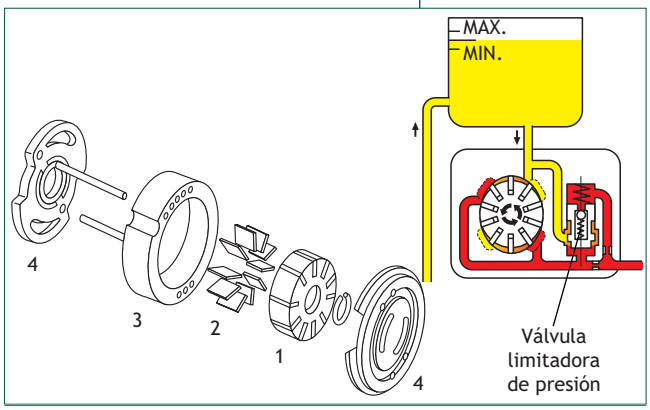
12.5. Depósito de aceite de la dirección.

Bomba hidráulica

La bomba utilizada en los circuitos de dirección asistida hidráulica suele ser del tipo de paletas. Esta es capaz de proporcionar un caudal progresivo de aceite hasta alcanzar las 1 000 rpm y luego se mantiene prácticamente constante a cualquier régimen de funcionamiento gracias a la válvula reguladora de presión.

La bomba recibe movimiento directo a través del motor del vehículo o de manera indirecta gracias a una polea y una correa trapecial o poly-V movidas por el motor del vehículo. Cuando el motor está en movimiento, la bomba se alimenta de líquido sin presión del depósito y lo suministra a alta presión al circuito.

La bomba se compone de un rotor (1) que contiene una determinada cantidad de hendiduras, una aleta de bomba por cada hendidura (2), un anillo de bomba (3) y dos placas laterales (4) con canales de entrada y salida para el líquido hidráulico.



12.6. Despiece y sección de la bomba hidráulica.

12.7. Montaje de la bomba hidráulica de la dirección asistida en el vehículo.

12.8. Despiece de la válvula reguladora de presión y caudal.

La forma ovalada del anillo aumenta y reduce el volumen entre las aletas dos veces por cada giro. Los canales de entrada llevan a las posiciones de aumento de volumen y los canales de salida parten de las posiciones en que el volumen disminuye, secuencia que ocasiona un bombeo. Además de ser expelidas por la fuerza centrífuga, las aletas son también empujadas hacia el anillo de la bomba por el líquido hidráulico que penetra en las cavidades de debajo de las aletas.

Válvula reguladora de presión y caudal

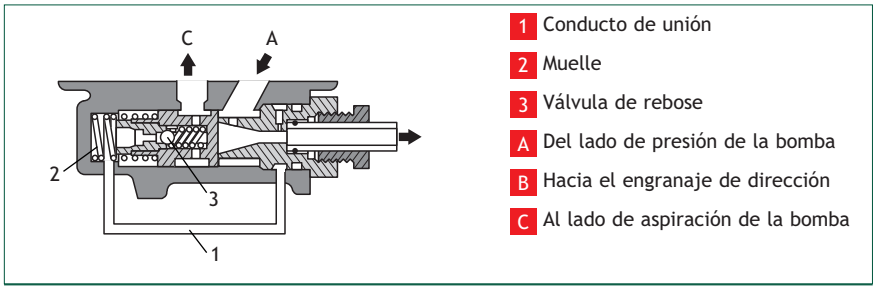
La válvula de regulación regula el flujo de aceite para obtener un valor constante de la bomba independientemente del régimen del motor/bomba y a su vez evita una posible sobrepresión en el circuito haciendo la función de descarga. Esta válvula generalmente va instalada en la bomba.

La válvula de regulación está, por un lado, en contacto directo con la presión de la bomba (A). En el conducto de salida (B) de la bomba existe un estrangulamiento desde el cual un conducto de unión (1) llega al otro lado

de la válvula, que está provisto de un muelle (2). En posición no activada, la válvula es presionada contra el lado de salida.

En el interior de la válvula existe una válvula de rebose (3) que a altas presiones es sensible a la presión hidráulica del lado del muelle de la válvula de regulación.

Para que pueda trabajar la válvula de regulación, circula constantemente un determinado volumen de líquido hidráulico a través de la válvula (A y C), excepto cuando el volante se encuentra en una de las posiciones límite.



12.9. Válvula reguladora de presión.

Válvula distribuidora o de mando

La válvula distribuidora o de mando es una válvula de tipo corredera. Envía la presión hidráulica de aceite a las cámaras de presión.

En función del tipo de dirección:

– Va montada en la misma caja de dirección unida al árbol de dirección en el sistema de tornillo sin fin.
– Está acoplada al cuerpo de la caja de cremallera en la dirección de cremallera.

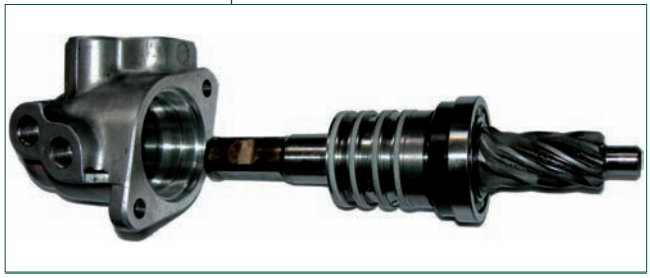
Esta válvula distribuye, según el giro realizado en el volante, el aceite a presión hacia uno u otro lado del émbolo del cilindro de asistencia. A su vez, permite el retorno de aceite hacia el depósito de la cámara correspondiente del cilindro de asistencia.

Si no se actúa sobre el volante, las válvulas se mantienen abiertas por estar situada la corredera en su posición central. En esta posición, el aceite tiene libre paso de entrada y salida por el interior del distribuidor, sin que realice presión alguna sobre las caras del émbolo.

El funcionamiento de la válvula distribuidora depende del par de giro de la dirección. Este par de giro es captado por la barra de torsión.

Cuando se aporta par de giro al volante, la barra de torsión gira en función de este. El giro de la barra de torsión es de unos pocos grados, unos topes hacen que sean arrastrados el piñón o el sin fin de la dirección.

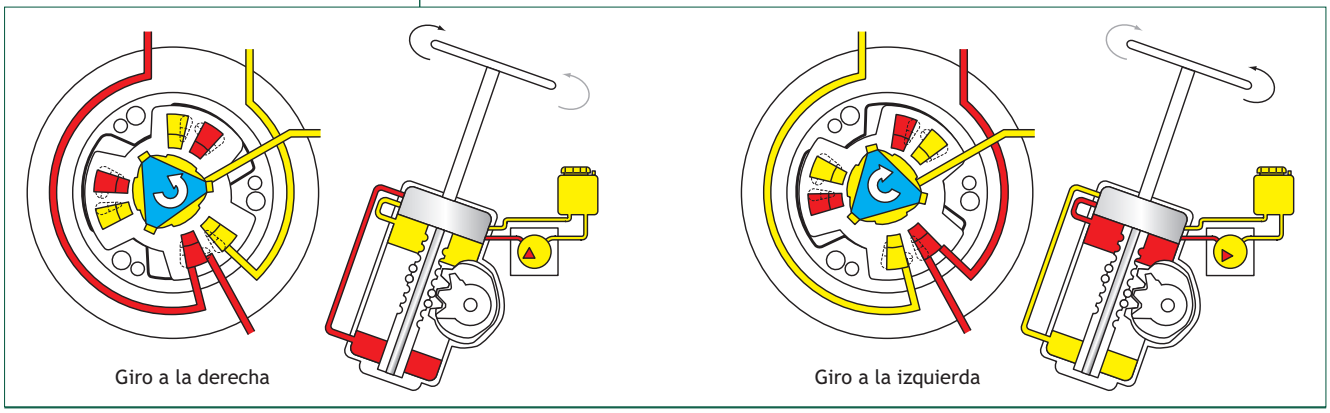
12.10. Montaje de la válvula reguladora de presión y caudal en la bomba.



12.11. Disposición de la válvula distribuidora.

a) Válvula distribuidora en la dirección de tornillo sin fin

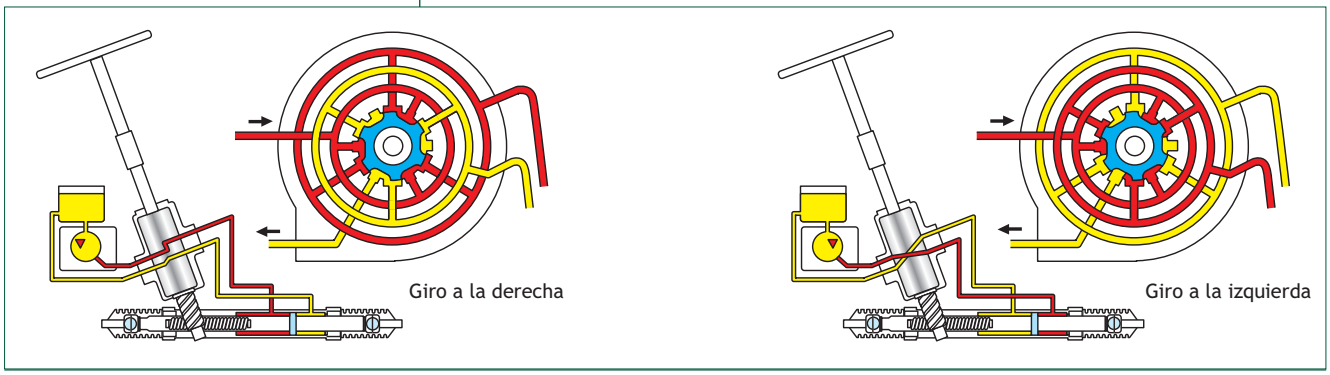
La válvula distribuidora en la dirección de tornillo sin fin está formada por una barra de torsión que acciona la válvula en estrella formada por dos discos con orificios capaces de liberar los canales de aceite necesarios.



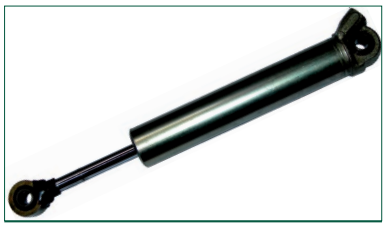
12.12. Funcionamiento de la válvula en estrella.

b) Válvula distribuidora en la dirección de cremallera

La válvula distribuidora en la dirección de cremallera está formada por una barra de torsión que acciona la corredera giratoria. Esta corredera comunica los orificios de salida de aceite desde la bomba hacia el cilindro de la servodirección según su rotación.



12.13. Funcionamiento de la válvula distribuidora de la dirección de cremallera.



12.14. Cilindro hidráulico externo de asistencia.

Cilindro de asistencia

El cilindro de asistencia es el encargado de realizar la ayuda hidráulica a la dirección mecánica. Este cilindro puede ir montado interiormente o exteriormente en la dirección.

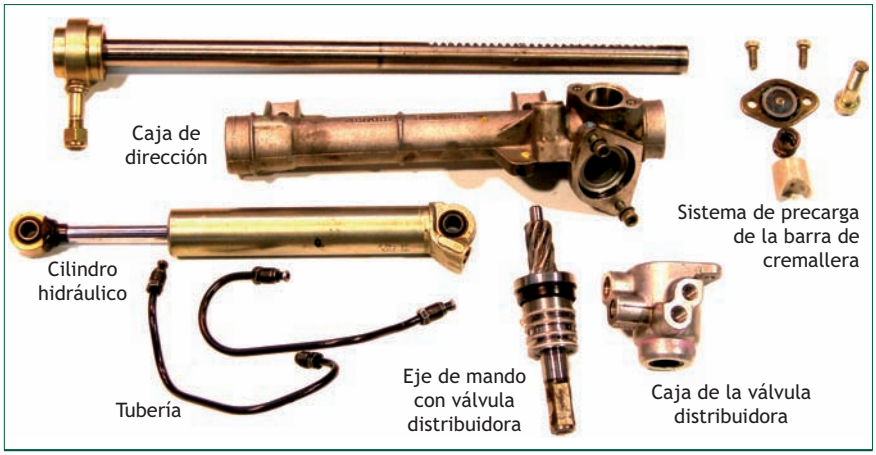
Está constituido por una carcasa dividida en dos cámaras, puede ser la misma caja de la dirección, un émbolo con uno o dos vástagos que se desplaza en su interior y las conexiones de entrada y salida de aceite.

En la superficie del émbolo, la presión de aceite se convierte en fuerza auxiliar, apoyando así los movimientos de volante que realiza el conductor.

Enfriador de la dirección asistida

El enfriador del líquido de la dirección asistida se sitúa en la parte delantera del vehículo. Refrigera este líquido con el fin de que la bomba trabaje a menor temperatura.

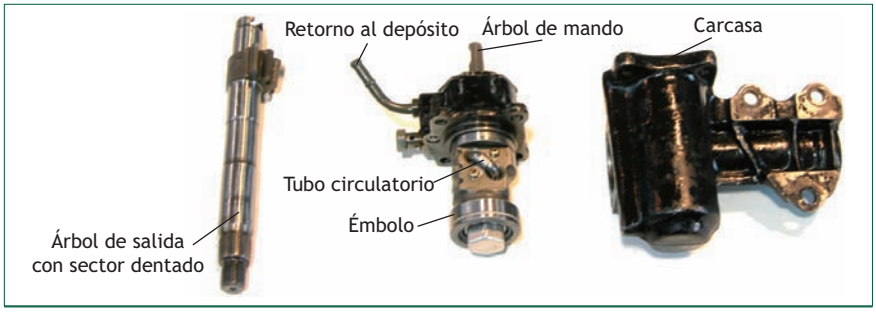
Su montaje se realiza en serie con la manguera de retorno de líquido de dirección asistida, entre el orificio de salida del mecanismo de dirección y la manguera de retorno de líquido, en dirección al depósito del líquido.



12.15. Elementos de la caja de dirección de una servodirección.

3.2 > Dirección hidráulica de tornillo sin fin

El mando mecánico está formado por un mecanismo desmultiplicador de tornillo sin fin y tuerca. El husillo del sin fin, unido al árbol de la dirección, va apoyado, a través del dispositivo elástico de la válvula distribuidora, sobre dos rodamientos axiales. El giro del volante se transmite del husillo a la tuerca, que se desplaza longitudinalmente empujando al émbolo de mando unido a ella. El émbolo va unido, a su vez, a través de una biela, a la manivela que hace girar al eje y al brazo de mando.

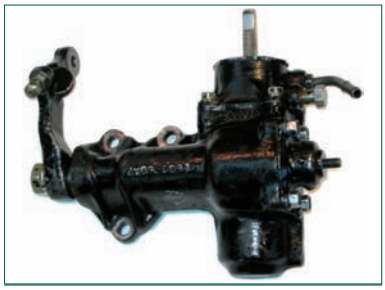


12.17. Componentes de la dirección asistida de tornillo sin fin y circulación de bolas.

Funcionamiento de la dirección

La bomba de paletas recibe líquido desde el depósito. La caja de la dirección integra el pistón, el tornillo de circulación de bolas y el eje del sector dentado, del cual reciben movimiento las barras y tirantes de la dirección.

12.16. Montaje de la caja de la dirección de una dirección hidráulica de tornillo sin fin.

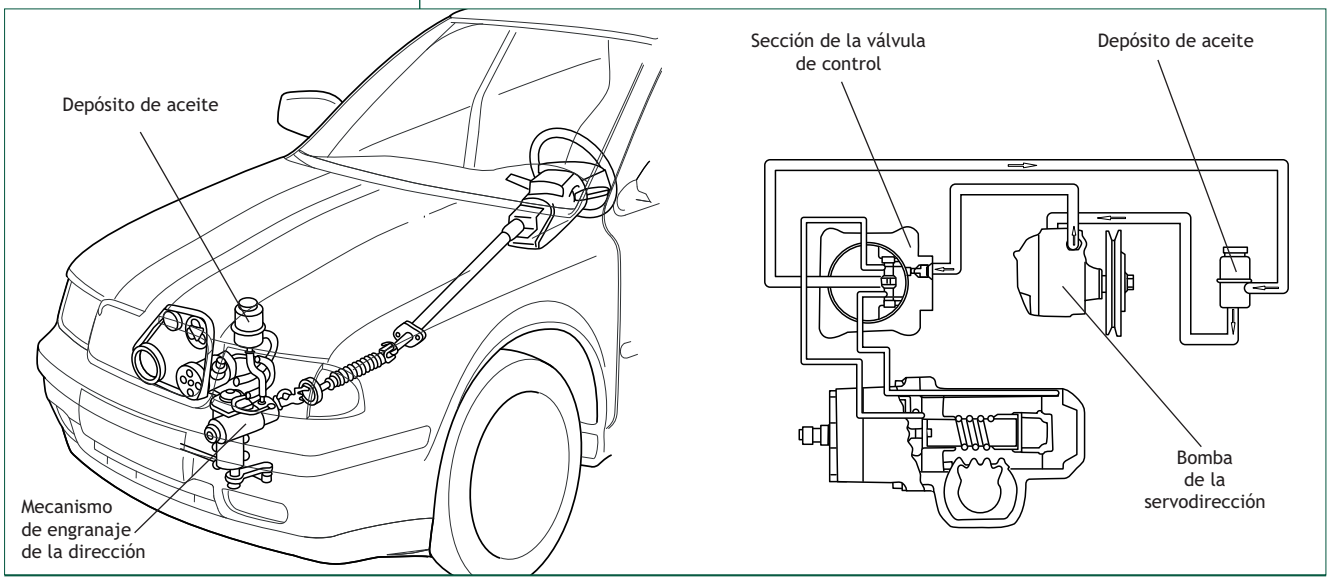


12.18. Dirección hidráulica de tornillo.

El mecanismo del árbol de la dirección dispone de una caja distribuidora que incorpora la válvula distribuidora de corredera que se encarga de enviar el aceite a presión hacia las distintas cámaras del cilindro.

Cuando el árbol de la dirección se mantiene en línea recta, el aceite a presión llega a la caja distribuidora. En esta fase, la válvula corredera devuelve al depósito el aceite por el retorno.

Cuando el conductor gira la dirección, el eje de mando hace girar la barra de torsión y la válvula libera el aceite hacia el canal elegido.

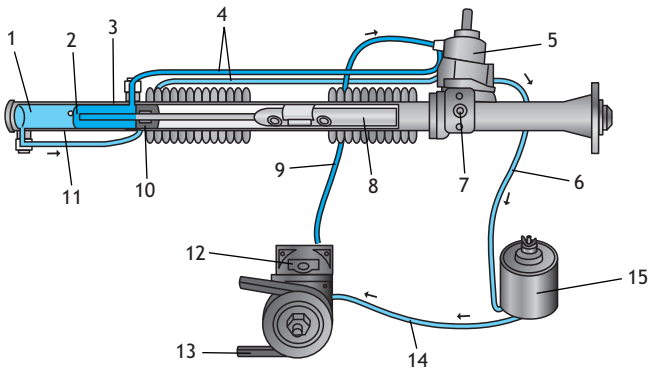


12.19. Disposición en el vehículo y esquema hidráulico.

3.3 > Dirección hidráulica de cremallera

La dirección hidráulica de cremallera puede ser de diseño modular o semimodular. Si la servodirección está integrada en el mecanismo de la dirección, recibe el nombre de servodirección modular y si la servodirección no está integrada en el mecanismo de la dirección, se conoce como semimodular.

1. Retorno de aceite
2. Vástago del cilindro
3. Aceite a presión
4. Tuberías de aceite
5. Válvula distribuidora rotativa
6. Tubería de retorno
7. Caja de dirección
8. Barra de cremallera
9. Tubería de alta presión
10. Retén del cilindro
11. Cilindro de doble efecto
12. Bomba hidráulica con regulador de presión
13. Correa de accionamiento
14. Tubería de alimentación
15. Depósito



12.20. Dirección hidráulica de diseño modular.

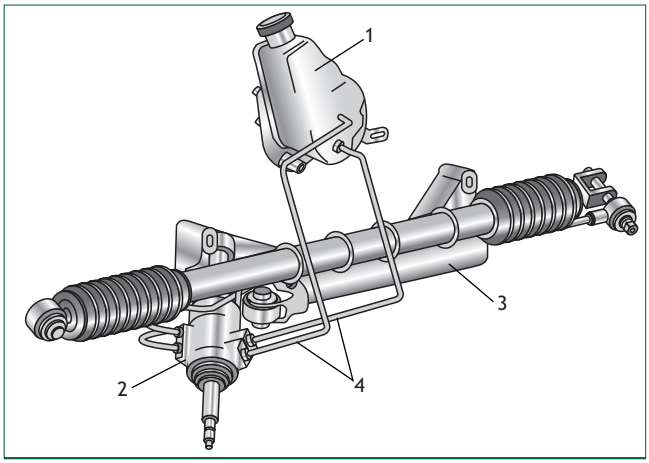
Existen diversos tipos de sistemas de servodirección. Los vehículos modernos suelen montar un sistema hidráulico que utiliza un émbolo de doble efecto en un cilindro para aplicar un esfuerzo adicional a la tirantería.

Servodirección hidráulica modular

La servodirección hidráulica del tipo modular incorpora, en el interior de la cremallera, el cilindro y el émbolo hidráulico de accionamiento. En aquella, el cilindro hidráulico se forma gracias a la caja que aloja la cremallera y el émbolo lo constituye la propia barra de cremallera.

Servodirección hidráulica semimodular

En este tipo de dirección, el accionamiento hidráulico, cilindro y émbolo de la servodirección, van montados fuera del mecanismo de la dirección, independientemente del mecanismo desmultiplicador, y empujan la tirantería de la dirección o tiran de ella.



12.21. Dirección hidráulica de diseño semimodular.

1. Bomba hidráulica
2. Válvula distribuidora rotativa
3. Cilindro de doble efecto
4. Tubos de canalización hidráulicos

El circuito hidráulico de la servodirección en un diseño semimodular es semejante al del diseño modular.

El principal defecto de este tipo de dirección es que, en el caso de que se produjera una anomalía en la servodirección, aunque el mecanismo de la dirección seguiría funcionando mecánicamente, el conductor debería realizar un mayor esfuerzo para mover todo el conjunto.

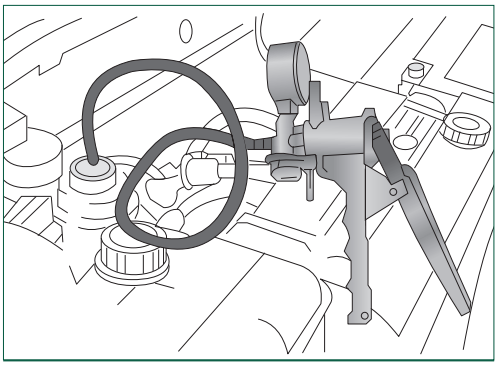
Práctica 7

Técnica

Purga del líquido hidráulico de la servodirección

•• Al llenar o reponer el nivel del depósito, hay que asegurarse de que el líquido a utilizar esté limpio y que no se haya agitado.

Echar el líquido lentamente en el depósito para evitar que entre aire.



12.22. Purgado del líquido de la servodirección.

1. Llenar el depósito hasta la marca MAX. En esta operación habrá que asegurarse de que el nivel del líquido del depósito no quede por debajo de la marca de mínimo.

En ningún caso se debe dejar que el nivel de líquido descienda lo bastante como para que penetre aire en el sistema.

2. Poner el motor en marcha y girar lentamente el volante de tope a tope.
3. Comprobar la existencia de posibles fugas externas en los racores de los tubos flexibles, los fuelles de la cremallera de la dirección y el cuerpo de válvulas. Al purgar el sistema de la servodirección disminuirá el vacío.

Mantendremos el vacío con la bomba de vacío/presión manual hasta que se haya evacuado todo el aire del circuito, aproximadamente unos cinco minutos para comprobar la existencia de fugas en el sistema.

4. Apagar el motor y comprobar el nivel del líquido. A continuación, reponer según sea necesario.
5. Arrancar el motor y girar el volante de tope a tope. Si se escucha demasiado ruido, repetiremos el procedimiento de purga del sistema de la servodirección.

4 >> Dirección hidráulica gestionada electrónicamente

La servodirección hidráulica con gestión electrónica nace con la incorporación y la evolución de la electrónica y la informática en el automóvil.

> **Esta gestión electrónica analiza distintos parámetros de funcionamiento del vehículo con el fin de que el trabajo de la dirección sea correcto y asegure una conducción confortable y segura. Este sistema adapta el porcentaje de asistencia de la dirección a la velocidad del vehículo o, lo que es lo mismo, varía el esfuerzo que hay que hacer sobre el volante dependiendo de la velocidad del vehículo y del valor de fricción (esfuerzo rueda-suelo).**

La dirección hidráulica con gestión electrónica basa su funcionamiento en dos fases según el esfuerzo que hay que realizar en el volante y en la velocidad.

– Si el vehículo está parado o circulando a muy baja velocidad, el porcentaje de asistencia debe ser más grande para facilitar las maniobras cuando más falta hace.
– Si el vehículo aumenta la velocidad, el porcentaje de asistencia tiene que ir disminuyendo progresivamente, endureciendo la dirección, con el fin de ganar en precisión de conducción y en seguridad.

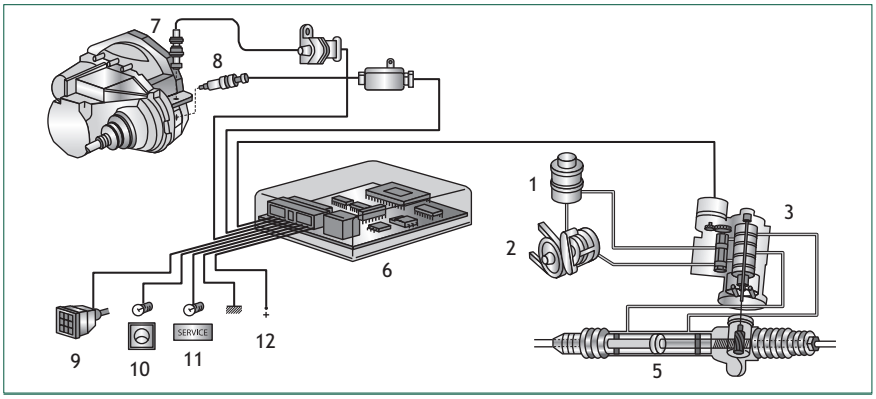
El sistema toma los componentes de base de la dirección asistida clásica y comparte otros nuevos.

Elementos de la dirección con asistencia clásica

– Cilindro hidráulico de doble efecto integrado en el cárter o caja de dirección.
– Depósito.
– Bomba de alta presión y regulador de presión (caudal).
– Válvula distribuidora rotativa.
– Canalizaciones.

Elementos nuevos

– Un calculador electrónico.
– Captadores.
– Actuadores, indicadores, etc.



12.23. Esquema de componentes que integra una dirección hidráulica con gestión electrónica.

1 Depósito
2 Bomba hidráulica con regulador de presión
3 Válvula distribuidora
4 Motor paso a paso
5 Cilindro hidráulico de doble efecto
6 Calculador
7 Captador de velocidad electrónico
8 Captador de velocidad mecánico
9 Enchufe de diagnosis
10 Indicador de fallo
11 Indicador de servicio
12 Toma de corriente

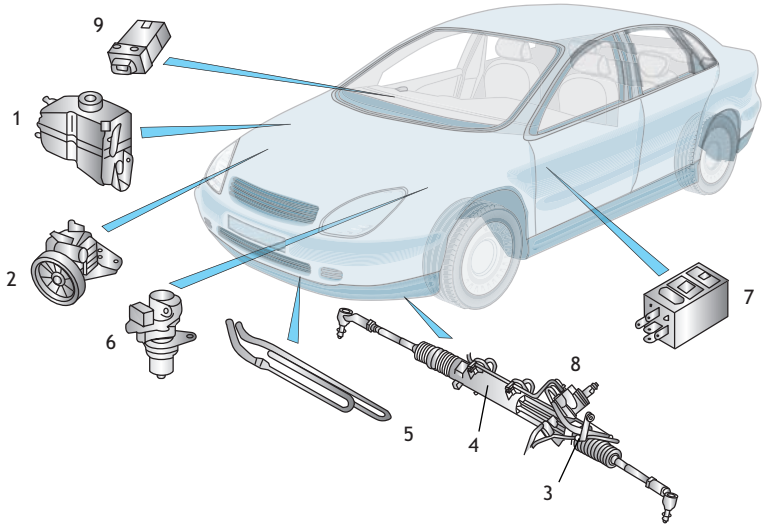
4.1 > Servotronic ZF

La dirección asistida servotronic ZF consiste en una dirección de cremallera cuya asistencia es variable en función de la velocidad del vehículo.

Esta dirección proporciona un mayor grado de asistencia a bajas velocidades, haciendo así mínimo el esfuerzo que es necesario aplicar al volante, y un menor grado de asistencia a velocidades más altas. De esta manera, el esfuerzo que el conductor tiene que ejercer para girar el volante se adapta de forma ideal a la velocidad a la que marcha el coche.

Estructura de la dirección servotronic ZF

Esta dirección es muy similar a una dirección hidráulica convencional e integra los siguientes componentes:



1 Depósito
2 Bomba de alta presión
3 Electroválvula proporcional
4 Cárter o carcasa de la cremallera
5 Canalizaciones hidráulicas
6 Captador de velocidad
7 Módulo de servoasistencia
8 Válvula distribuidora
9 Unidad de control

12.24. Componentes del sistema servotronic ZF.

Funcionamiento de la servodirección

La velocidad medida por el velocímetro electrónico se evalúa en la unidad de control del sistema servotronic. En esta, se utiliza un programa almacenado para calcular la magnitud necesaria de asistencia a la dirección en cualquier situación de conducción dada.

Este valor se transmite a una válvula electromagnética proporcional que mide con precisión la cantidad de aceite que se envía desde la bomba hidráulica a la caja de la dirección asistida.

Funcionamiento sin señal de velocidad

La barra de torsión (10) se encuentra unida por la parte superior al distribuidor giratorio (12) y por la parte inferior al piñón (20) y al casquillo de control (13).

Cuando se gira el volante, también gira el distribuidor rotativo (12) conjuntamente con el piñón propulsor (20), el casquillo de control (13) y el émbolo de reacción (8) en el interior de la caja de válvula (23).

1 Velocímetro electrónico
2 Módulo de servoasistencia (calculador)
3 Convertidor de par electrohidráulico
4 Válvula limitadora de reacción
5 Ranura de control, conexión al lado izquierdo del cilindro
6 Ranura de control, conexión al lado derecho del cilindro
7 Orificios fijos
8 Émbolo de reacción
9 Conexión al eje de la columna de la dirección
10 Barra de torsión
11 Válvulas de retención
12 Distribuidor giratorio
13 Manguito de control
14 Bomba de aletas
15 Válvula limitadora de presión y caudal
16 Depósito
17 Tubería de presión
18 Tubería de retorno
19 Cremallera
20 Piñón propulsor
21 Lado derecho del cilindro
22 Lado izquierdo del cilindro
23 Carcasa de válvula
24 Émbolo de trabajo de doble efecto

Mediante el par de giro que se transmite a través de la columna de la dirección, se deforma la barra de torsión (10). Esto produce un desplazamiento radial del distribuidor giratorio (12) hacia el manguito de control (13). El líquido hidráulico que proveniente de la bomba se envía al lado correspondiente del émbolo de trabajo (24) en el mecanismo de la dirección. En esta situación, el émbolo (8) permanece en reposo.

Funcionamiento con señal de velocidad

En este momento, todavía el émbolo de trabajo (24) se encuentra sin presión de aceite hidráulico.

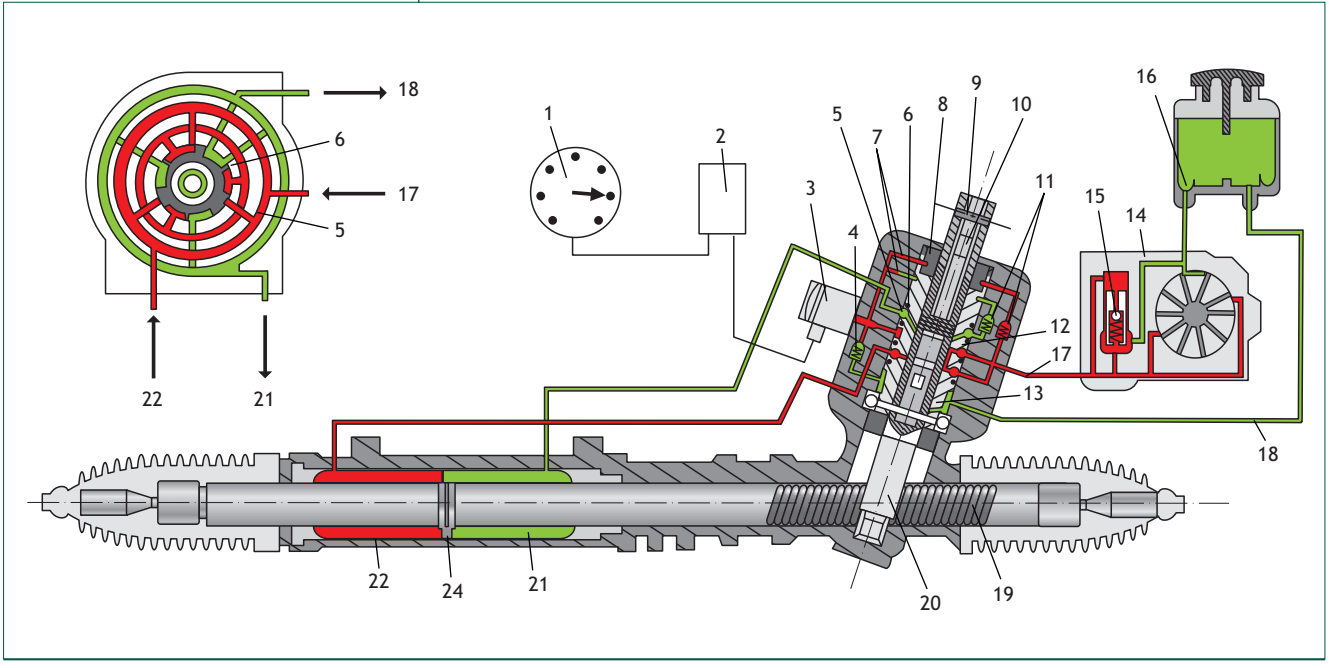
Cuando el módulo de servodirección (unidad de control) recibe una señal de tensión procedente del velocímetro electrónico (1), excita al convertidor de par electrohidráulico (3) con una corriente cuya intensidad corresponde a la velocidad de marcha momentánea.

Esta alimentación de corriente abre la válvula del convertidor de par electrohidráulico (3) y libera los canales hidráulicos hacia el émbolo de reacción (8).

Este émbolo va unido en el interior con el distribuidor giratorio (12) mediante tres guías esféricas dispuestas axialmente. En el exterior se une al manguito de control (13) mediante una rosca esférica de cuatro filetes.

El movimiento axial del émbolo de reacción (8), provocado por la carga de líquido hidráulico, es transformado en un movimiento radial por la rosca esférica, girando esta en sentido contrario al desplazamiento radial del distribuidor giratorio (12).

La válvula de limitación de reacción (4) se encuentra en la caja de válvulas (23) y tiene la función de limitar la presión sobre el émbolo de reacción (8) y permitir el retorno del líquido hidráulico en exceso.



12.25. Servotronic ZF.

4.2 > Dirección electrohidráulica EPHS

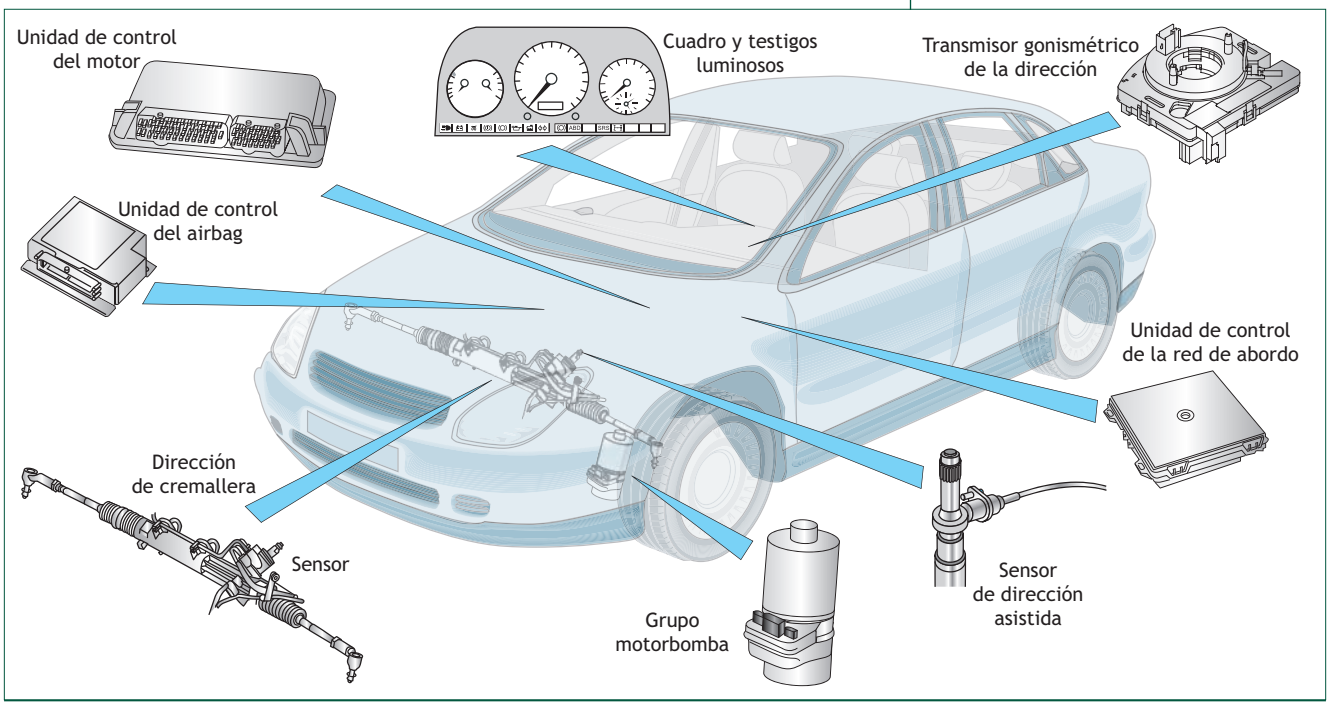
La dirección electrohidráulica EPHS *(Electrically Powered Hydraulic Steering)* es una servodirección hidráulica donde la fuerza de asistencia al giro del volante es aportada por una bomba hidráulica movida por un motor eléctrico.

En ella destacan dos características:

– La asistencia se genera únicamente cuando es necesaria.
– La asistencia es variable en función de la rapidez del giro del volante y de la velocidad de marcha del vehículo.

La asistencia electrohidráulica, en comparación con la asistencia hidráulica convencional, ofrece las siguientes ventajas:

– **Ahorra combustible.** El consumo de unas 20 veces menor que una dirección hidráulica convencional en conducción moderada por autopista.
– **Aumenta el confort** del conductor. La asistencia es siempre la necesaria en cada momento, suave en las maniobras y rígida a medida que aumenta la velocidad del vehículo.
– **Mejora de la seguridad activa** debido a que la variación de la asistencia aumenta la precisión de manejo.
– **Optimiza el número de componentes.** Aprovecha las señales de otros sistemas gracias a la línea CAN-Bus.
– **Simplifica y compacta el conjunto.** La mayor parte de componentes están agrupados en el grupo motobomba, facilitando así su ubicación en el vano motor.
– **Menores solicitaciones en la correa poli-V.** Debe arrastrar a un menor número de componentes.



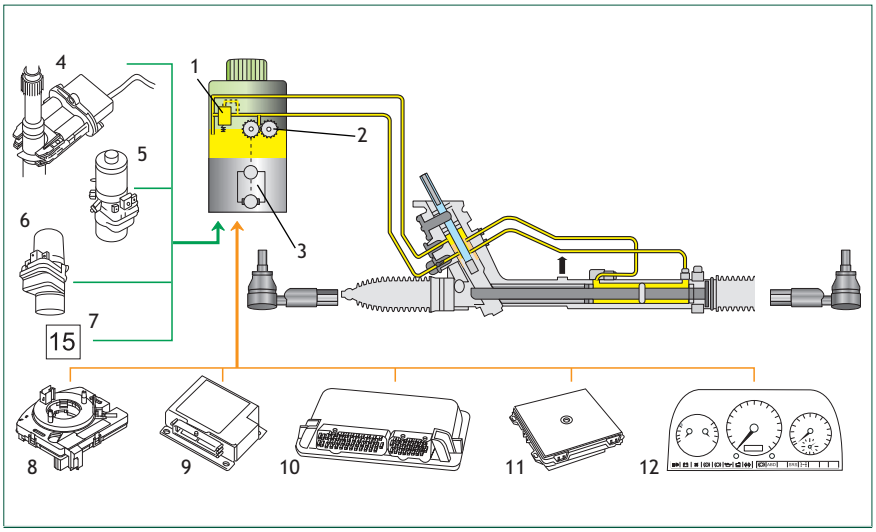
12.26. Disposición de los elementos en el vehículo.

4.3 > Componentes de la dirección electrohidráulica

La dirección electrohidráulica está compuesta por tres grupos de elementos: electrónicos, mecánicos e hidráulicos.

Componentes eléctrónicos

Los componentes electrónicos propios de la dirección electrohidráulica son el grupo electrobomba y el sensor de dirección asistida. Además, comparte otros sensores y señales que provienen de otros sistemas, por ejemplo el ESP.



12.27. Componentes y señales de la dirección electrohidráulica. Fuente: SEAT.

Unidad de control

La unidad de control gestiona las señales de entrada y de salida de la dirección asistida. Va montada en el grupo electrobomba, entre el motor eléctrico y el depósito de aceite.

Esta unidad asume cinco funciones, ejecutando una u otra según sean las señales eléctricas y los mensajes CAN-Bus recibidos en cada momento:

– **Función de regulación de la presión del aceite.** La unidad de control regula la presión hidráulica del circuito mediante el régimen de giro del motor eléctrico. Esto hace que la dirección sea suave en maniobras a velocidad lenta y dura al circular a alta velocidad.
– **Función de emergencia.** La función de emergencia permite detectar averías leves en el sistema. En este caso la asistencia hidráulica es menor.
– **Función de protección térmica.** Si existe un exceso de temperatura en la dirección, la unidad desconecta la asistencia con el fin de evitar posibles averías.
– **Función de protección contra activación.** Por medio de esta función, la unidad de control desconecta la asistencia si se detecta una colisión por la detonación de algún *airbag*. Esto evita posibles riesgos de incendio en caso de accidente.

Grupo motobomba

El grupo motobomba está formado por la unidad de control, la bomba de engranajes, la válvula limitadora, el depósito de aceite y el motor eléctrico.

1 Válvula limitadora
2 Bomba de engranajes
3 Unidad de control de la dirección
4 Sensor de la dirección asistida
5 Transmisor de temperatura de aceite
6 Transmisor hall
7 Borne 15
8 Transmisor goniométrico de la dirección
9 Unidad de control del airbag
10 Unidad de control del motor
11 Unidad de control de abordo y *gateway*
12 Cuadro de instrumentos y testigo luminoso

12.28. Grupo electrobomba.

– **Función de autodiagnosis.** Permite conocer el estado de la dirección y sus elementos:
  • Memorización de averías: lectura y borrado.
  • Vigilancia de funcionamiento de sensores y actuadores.
  • Codificación de una nueva unidad de control.
  • Estudio de valores de medición.

Además de estas funciones, cuando la dirección gira hasta alcanzar el tope de uno u otro lado, la unidad de control de la dirección emite un mensaje a la línea CAN-Bus de tracción indicando que se ha llegado al fin de recorrido. Este mensaje lo utiliza la unidad de control del motor como una señal para elevar el ralentí.

Motor eléctrico

El motor eléctrico va montado en la parte inferior del grupo motobomba y va acoplado por un extremo a uno de los engranajes de la bomba de presión. Está formado por un motor eléctrico de giro continuo y sin escobillas, en cuyo rotor se encuentra un imán permanente: el estator y el devanado.

El motor es excitado directamente por la unidad de control y regulado por la corriente de alimentación. Con la dirección en reposo, el motor eléctrico consume poca intensidad de apenas 2,5 A. Sin embargo, cuando se realiza un giro en la dirección, el consumo de este se dispara hasta aproximadamente 70 A. Si el motor eléctrico sufre una avería la asistencia hidráulica de la dirección es anulada.

Transmisores hall

Los transmisores hall se encuentran enfrentados a los imanes del rotor del motor eléctrico y son capaces de detectar la variación del flujo magnético cuando el rotor del motor eléctrico gira.

La unidad de control utiliza esta señal para reconocer la velocidad de giro del rotor, valor necesario para la función de regulación de la presión. Si existe una avería en alguno de los transmisores, la unidad de control interrumpe la alimentación eléctrica del motor y se anula la asistencia hidráulica.

Transmisor de temperatura del aceite

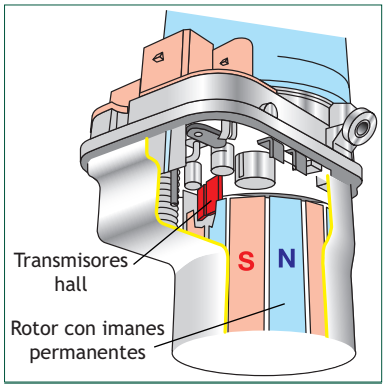
El transmisor de temperatura del aceite consiste en una resistencia NTC situada en el canal de aspiración del grupo motobomba. Este sensor determina la temperatura de la dirección y, en caso de ser elevada, la unidad de control activa de la función de protección térmica.

Si la unidad de control detecta un fallo en el transmisor desactiva la dirección asistida.

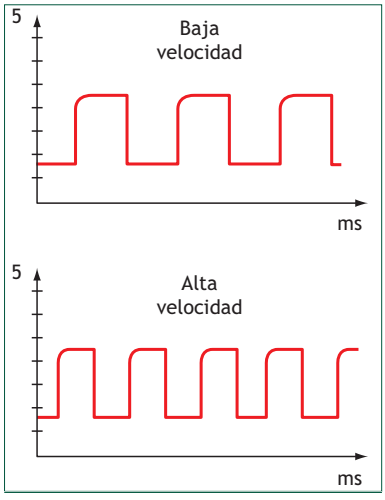
Sensor de giro de la dirección

El sensor de la dirección determina la velocidad de giro del volante con el fin de que la unidad de control establezca el grado de asistencia correcto. En vehículos con ESP, esta función es asumida por el control de estabilidad ESP. Su montaje se realiza en la parte alta de la caja de la dirección junto al eje de entrada del piñón helicoidal.

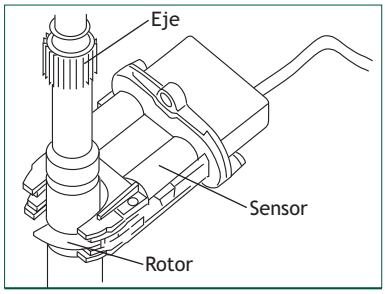
12.29. Equipo de diagnosis.



12.30. Motor eléctrico y disposición de los transmisores hall.



12.31. Señal procedente de un sensor de efecto hall.



12.32. Sensor de giro de la dirección.

12.33. Testigo luminoso del cuadro.

Cuanto mayor es la velocidad de giro del volante, mayor es el número de revoluciones del motor eléctrico y por tanto mayor la asistencia hidráulica. En caso de avería en este sensor, la unidad de control toma la función de emergencia y reduce la asistencia de la dirección a un valor constante.

Testigo luminoso del cuadro

Este testigo se ilumina cuando se realiza un ciclo de comprobación de los componentes eléctricos de la dirección y se apaga cuando el funcionamiento de estos es correcto. Es de color amarillo y es gestionado por la unidad de control a través del CAN-Bus.

Si durante la marcha se ilumina el testigo a la vez que suena un pitido en el cuadro de instrumentos, significa que la unidad de control ha detectado una avería.

En caso de no existir comunicación entre el *gateway* y la unidad de control de la dirección, este testigo se ilumina de forma permanente en el cuadro.

Elementos con los que se comparten señales de otros sistemas

Transmisor goniométrico de la dirección

Este sensor reconoce la velocidad de giro del volante e informa a través de la línea CAN-Bus de tracción a las distintas unidades de control. Se monta en vehículos con ESP y sustituye al sensor de giro de la dirección asistida.

A través de la información de este sensor, la unidad de control regula la presión de aceite. Cuanto mayor es la velocidad de giro del volante, mayor es la asistencia de la dirección.

Transmisor de velocidad

Este transmisor envía la señal de velocidad del vehículo al cuadro de instrumentos. Desde aquí, y a través del CAN-Bus de tracción, se informa a la unidad de control de la dirección sobre la velocidad del vehículo. La unidad de control realiza la función de regulación de tal manera que el aumento de la velocidad del vehículo implica una disminución gradual en la asistencia de la dirección.

Sensor de régimen de revoluciones

Este sensor informa a la unidad de control de la dirección, a través del CAN-Bus de tracción, de las revoluciones del motor del vehículo. Esta información determina la función de regulación de la dirección, ya que sin esta señal no se activa la dirección asistida.

Unidad de control del *airbag*

La unidad de control del *airbag*, en caso de producirse una colisión del vehículo con activación de algún *airbag*, envía a la unidad de control de la dirección un mensaje a través de la línea CAN-Bus de tracción. Esta señal activa la función de protección contra reactivación, quedando desactivada la dirección.

Componentes mecánicos

Los componentes mecánicos son los mismos que en una dirección hidráulica convencional. Transmiten y aumentan el par de giro aplicado por el conductor en el volante para orientar las ruedas.

Componentes hidráulicos

Los componentes hidráulicos son los encargados de generar la presión de aceite necesaria en cada momento y aportar el par de giro complementario al del conductor.

Bomba de presión

La bomba de presión de aceite es de engranajes. El rotor del motor eléctrico está unido mecánicamente a uno de los dos engranajes que forman la bomba. La bomba aspira el aceite directamente del depósito y lo impele hacia la unidad de mando hidráulico a través de la tubería de alta presión.

Válvula limitadora de presión

Esta válvula se encuentra en la misma bomba y limita la presión del circuito aproximadamente a unos 90 bar. Evita que se produzcan daños en el circuito por un exceso de presión.

Unidad hidráulica

La unidad hidráulica distribuye el aceite procedente de la bomba hacia una de las cámaras de presión del cilindro de trabajo o hacia el depósito en función de la posición instantánea del volante. La unidad hidráulica está formada por una barra de torsión, una corredera giratoria y un casquillo de mando.

Técnica

Control del nivel de aceite en la servodirección electrohidráulica

•• Para un funcionamiento óptimo de la dirección electrohidráulica, es necesario que haya un nivel de aceite adecuado. La verificación del nivel es muy sencilla. Se realiza midiendo la altura del aceite en el depósito. Esto se realiza con el tapón roscado del depósito en el que se encuentra una varilla con dos marcas.

Cuando el aceite está frío, el nivel ha de llegar a la zona de la marca inferior. Y cuando está caliente por encima de 50 °C, el nivel ha de quedar entre la marca inferior y superior. En caso de estar bajo el nivel se rellenará con el aceite hidráulico recomendado.

El circuito se purga automáticamente. El proceso se acelera si el motor se arranca y para varias veces.

12.34. Tapón para la verificación de nivel.

1 Depósito de aceite
2 Válvula limitadora
3 Bomba de presión
4 Depósito de aceite
5 Bomba hidráulica
6 Barra de torsión
7 Casquillo de mando
8 Corredera giratoria
9 Cilindro de trabajo
10 Rótula lado derecho
11 Rótula lado izquierdo
12 Válvula de retención

Cilindro hidráulico

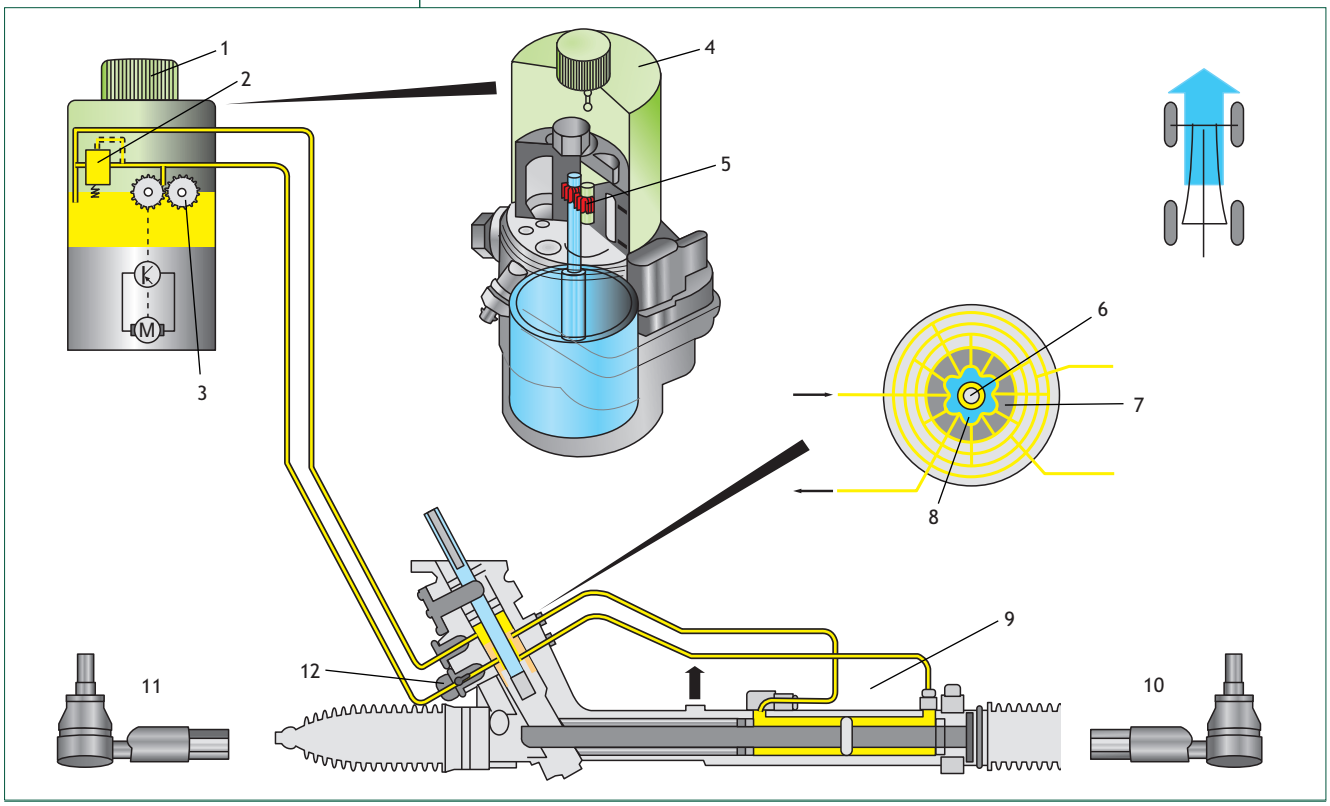
El cilindro hidráulico es de doble efecto. Está formado por dos cámaras de presión, una a cada lado del pistón. El aceite a presión llega a una u otra cámara en función de la posición que adopta la unidad hidráulica.

Funcionamiento de la dirección

En posición recta

En esta posición, la barra de torsión permanece en reposo, por lo que la corredera giratoria queda en la posición neutra.

El casquillo de mando en esta situación comunica el conducto de entrada y los conductos hacia las cámaras de presión con la tubería de retorno, de tal manera que el aceite impelido por la bomba no genera presión y es conducido de nuevo hacia el depósito de aceite.



12.35. Representación de la dirección en posición recta. Fuente: SEAT.

Giro a la izquierda o a la derecha

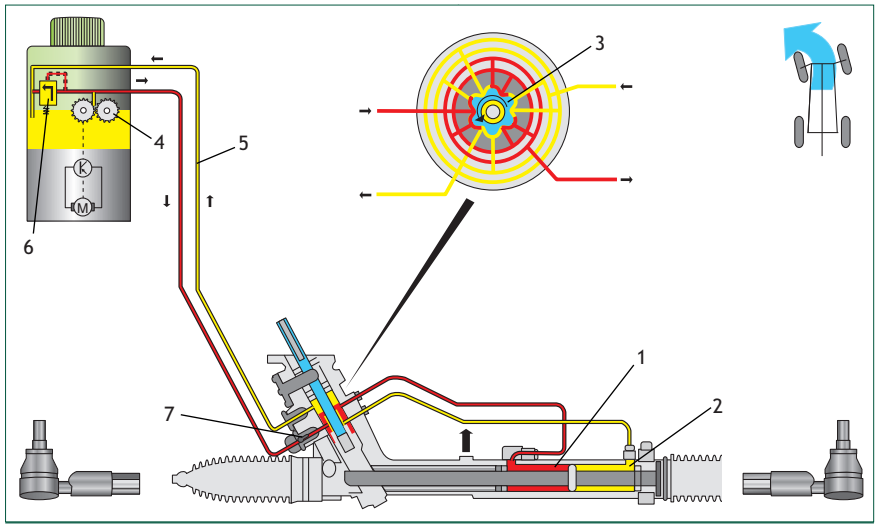
Cuando se gira el volante a la izquierda, la barra de torsión se retuerce, arrastrando a la vez la corredera giratoria. Esta varía su posición respecto del casquillo de mando.

Debido a que el conducto de entrada y el de la cámara de presión del lado izquierdo quedan comunicados, se consigue que el aceite fluya hacia el cilindro de trabajo y dé asistencia al movimiento de la dirección.

Cuando gira el émbolo del cilindro hacia la izquierda, el aceite de la cámara izquierda se escapa por el retorno permitiendo así el desplazamiento del pistón.

Cuando se finaliza el giro, la barra de torsión se encarga de que la corredera giratoria y el casquillo de mando vuelvan de forma elástica a la posición neutra.

Si el giro se realiza hacia la derecha, el proceso es similar pero invirtiendo el sentido del aceite a presión. La corredera comunica la entrada con la toma hacia la cámara de presión derecha del cilindro hidráulico de trabajo.



12.36. Representación de la dirección en un giro hacia la izquierda. Fuente: SEAT.

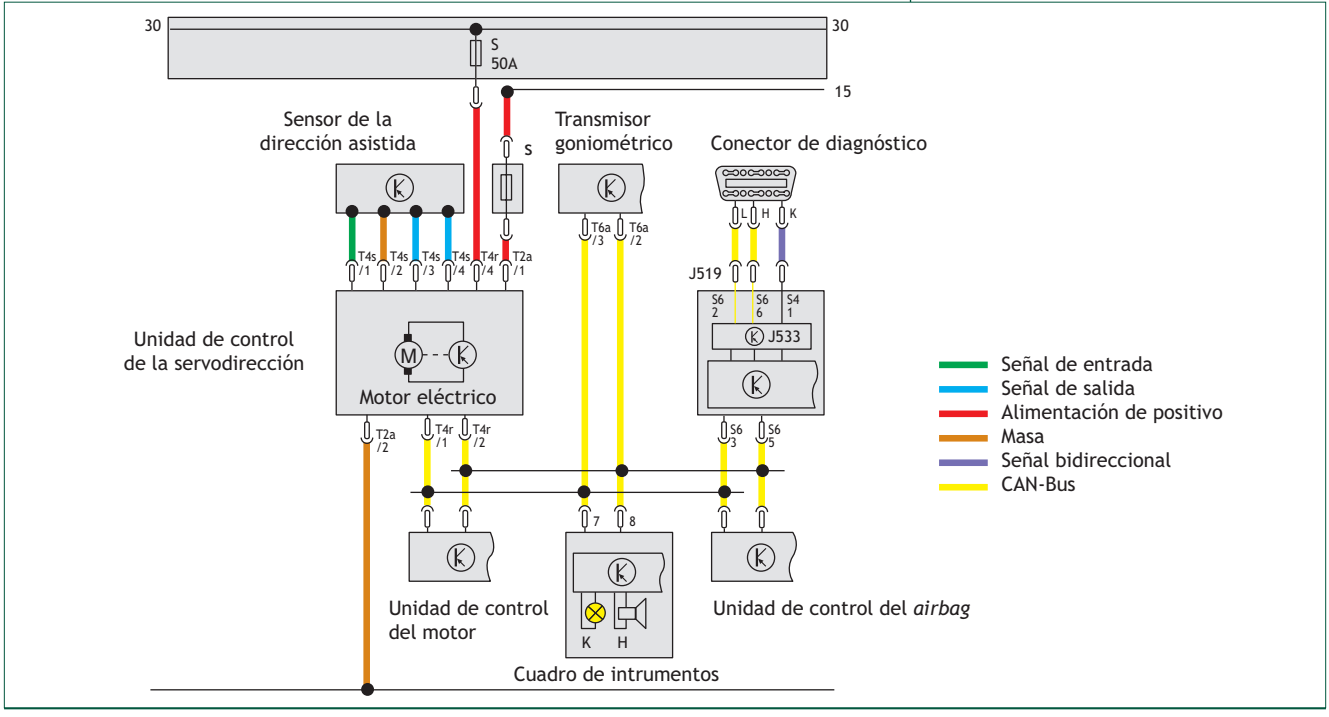
1 Cámara izquierda
2 Cámara derecha
3 Corredera giratoria
4 Bomba de presión
5 Tubería de retorno
6 Válvula limitadora
7 Válvula de retención

Esquema de funcionamiento eléctrico

El esquema de la figura 12.37 representa el funcionamiento eléctrico de la dirección electrohidráulica con gestión electrónica. En él se pueden observar con colores las señales de entrada y salida de los distintos elementos.

Por la parte superior, el motor eléctrico recibe alimentación de las líneas positivas 30 y 15, y por la parte inferior se cierra a masa por la línea 31.

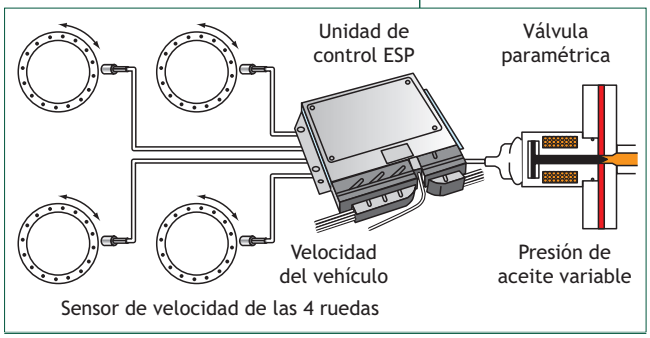
Las líneas amarillas representan el CAN-Bus del vehículo, al cual están interconectadas las distintas unidades de control.



12.37. Esquema eléctrico de la dirección EPHS. Fuente: SEAT.

4.4 > Servodirección paramétrica PML

La dirección paramética PML consiste en una dirección hidráulica de asistencia variable.



12.38. Señales de entrada y salida.

Este sistema utiliza para su gestión las señales de velocidad que proporcionan los sensores sobre el número de revoluciones del ABS/ESP o los sensores del ASR, además de la señal de velocidad que proporciona el transmisor inductivo colocado en la caja de cambios.

Gracias a la información de velocidad proporcionada por los distintos sensores, el calculador o módulo electrónico, utilizando un campo característico que tiene en memoria, proporciona una señal de control que gobierna una válvula proporcional situada en la caja de la dirección.

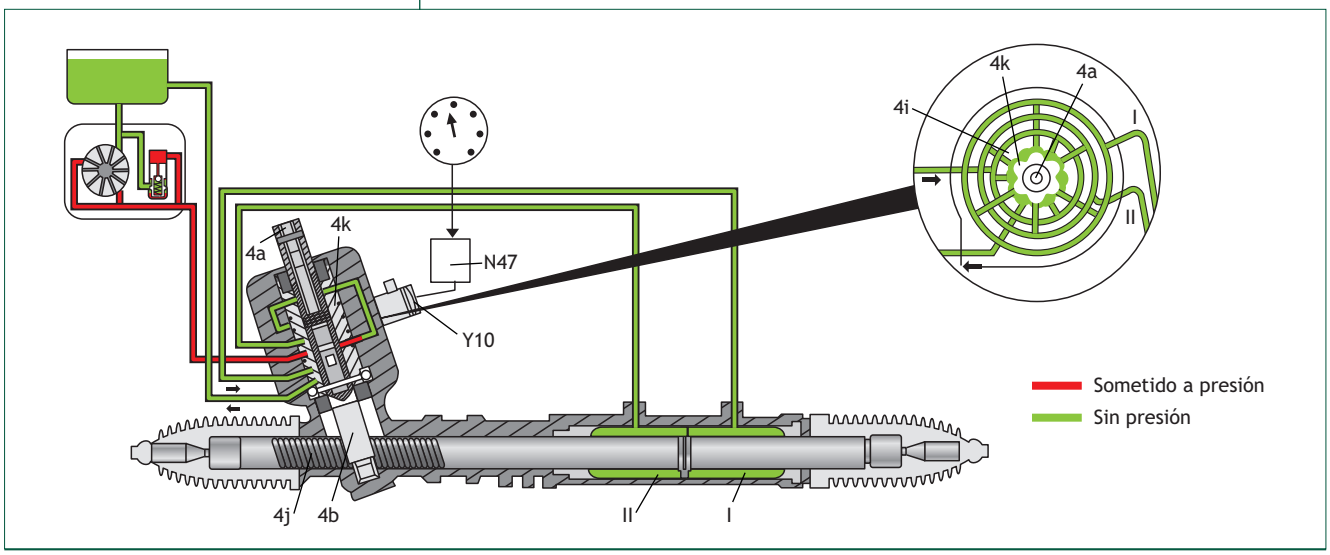
La válvula PML, dependiendo de la intensidad de la corriente eléctrica que le proporciona el calculador, controla una corredera reguladora, que a su vez controla la presión diferencial en las superficies frontales de la corredera de mando.

Estando parado el vehículo, la asistencia de la fuerza direccional es análoga a la servodirección hidráulica (sin función de PML).

La servodirección paramétrica (PML) aumenta progresivamente la fuerza a aplicar con las manos sobre el volante de la dirección desde la parada del vehículo hasta una velocidad de aproximadamente 100 km/h.

La fuerza manual a aplicar por el conductor a velocidades superiores a 80 km/h es aproximadamente de 5 Nm. Para velocidades inferiores, la fuerza manual sobre el volante se reduce de forma que durante las maniobras de estacionamiento es de aproximadamente 2 Nm.

- 4a Barra de torsión
- 4b Piñón de accionamiento
- 4i Casquillo de mando
- 4j Barra cremallera
- 4k Corredera giratoria
- I Cilindro de trabajo derecho (giro a la izquierda)
- II Cilindro de trabajo izquierdo (giro a la derecha)
- N47 Unidad de control sistemas de tracción
- Y10 Válvula electromagnética PML



12.39. Esquema de la servodirección paramétrica. Fuente: Mercedes.

Si existe algún fallo en el sistema electrónico de asistencia de la dirección, se desconecta la función que depende de la velocidad del vehículo, pero se conserva la servoasistencia en función del valor de la fricción (esfuerzo rueda-suelo).

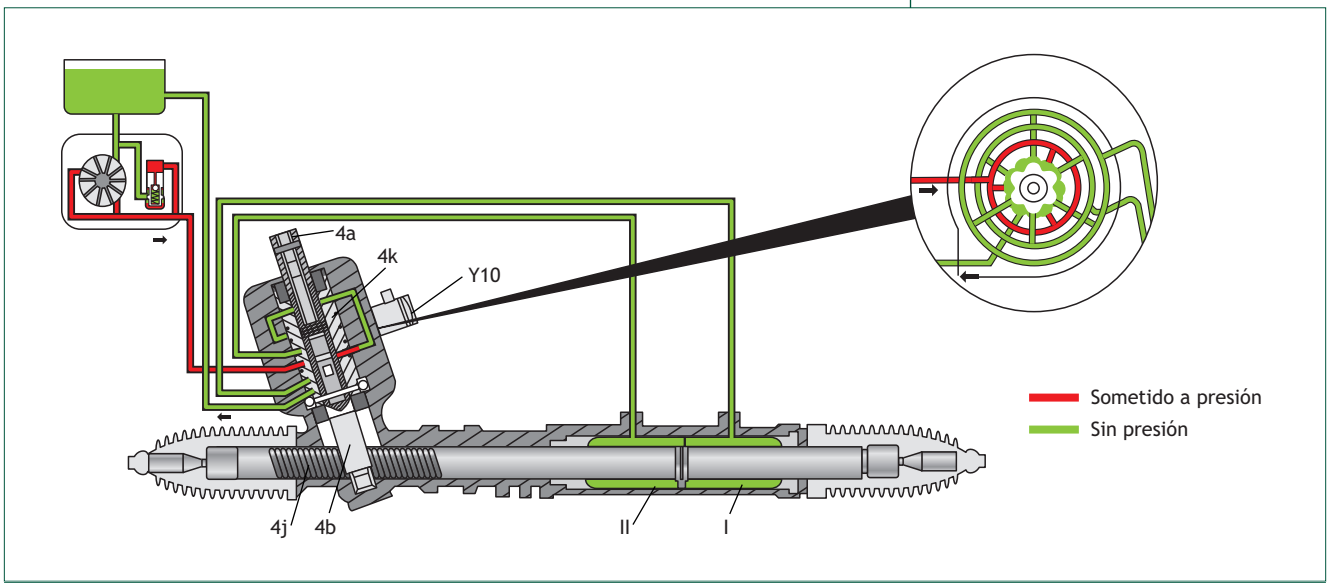
Funcionamiento de la servodirección

En línea recta

La válvula de corredera giratoria se compone de la corredera giratoria (4k), que presenta en su superficie envolvente 6 ranuras de control con rampas sesgadas rectificadas, y el casquillo de mando (4i), también con 6 ranuras de control que se corresponden con las de la corredera giratoria (4k).

La barra de torsión (4a) va fijada mediante pasadores en uno de los lados con la corredera giratoria (4k) y en el otro lado con el piñón de ataque (4b). La barra mantiene la corredera giratoria (4k) en posición neutra mientras no se gire el volante.

- 4a Barra de torsión
- 4b Piñón de accionamiento
- 4i Casquillo de mando
- 4j Barra cremallera
- 4k Corredera giratoria
- I Cilindro de trabajo derecho (giro del volante hacia la izquierda)
- II Cilindro de trabajo izquierdo (giro del volante hacia la derecha)
- Y10 Válvula electromagnética PML

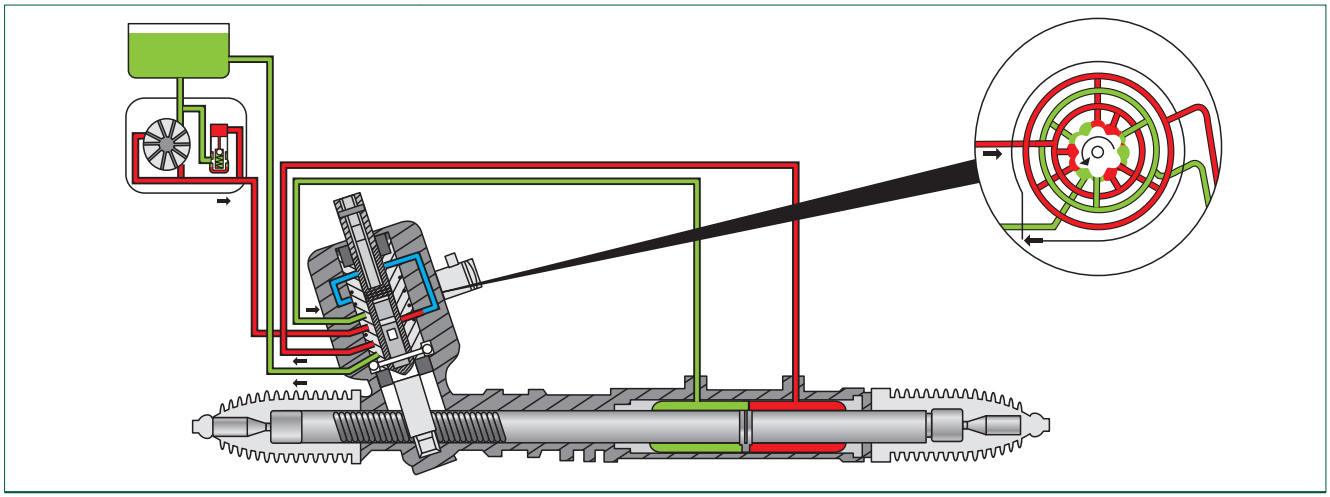


12.40. Funcionamiento de la dirección paramétrica en línea recta.

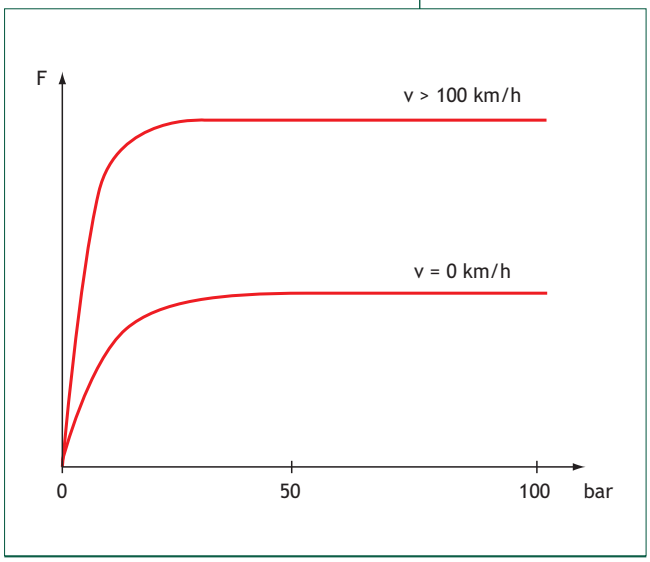
En curva

Si se gira el volante, el piñón de ataque (4b) se apoya sobre la barra cremallera (4j). La corredera giratoria (4k) es girada a través de la barra de torsión (4a) contra el casquillo de mando (4i) que le rodea y modifica así la posición de las ranuras de control entre sí. Tras esto, llega el flujo de aceite a presión al cilindro de trabajo derecho (giro del volante hacia la izquierda) (I) o al cilindro de trabajo izquierdo (giro del volante hacia la derecha) (II) y origina el movimiento axial de la barra cremallera (4j) hacia la derecha o hacia la izquierda.

El aceite es expulsado del cilindro de trabajo, que está sin presión y fluye a través de las ranuras de retorno abiertas del casquillo de mando (4i) al depósito del sistema de la bomba de la servodirección.



12.41. Funcionamiento de la dirección paramétrica en curva.



12.42. Diagrama característico de la dirección.

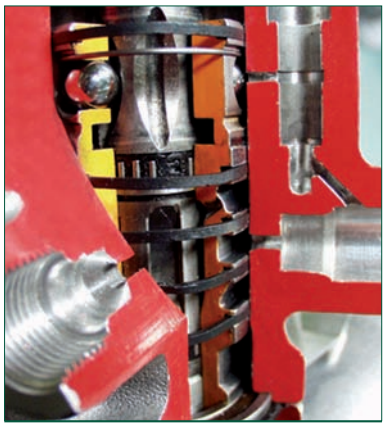
Funcionamiento electrónico

El control electrónico de la dirección paramétrica está integrado en la unidad de control de los sistemas de tracción o frenos. De acuerdo con la velocidad de marcha correspondiente del vehículo, se ajusta una determinada fuerza aplicada con las manos (K) sobre el volante.

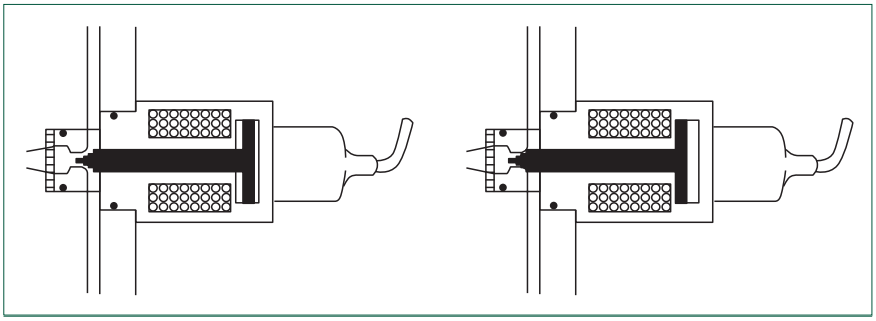
Al aumentar la velocidad se incrementa la fuerza a aplicar con las manos (K) sobre el volante de la dirección (hasta 100 km/h).

La velocidad de marcha determinada por la unidad de control de los sistemas de tracción tiene asignada una corriente de consigna en un diagrama característico. Esta es ajustada entonces en la válvula electromagnética PML (válvula electromagnética proporcional) e influye sobre el flujo de aceite (reacción hidráulica de la dirección) dentro de la dirección por barra cremallera y, de este modo, en la fuerza necesaria aplicada con las manos (K) sobre el volante.

La activación de la válvula electromagnética PML se efectúa con una cadencia determinada. La regulación de corriente resulta de la modulación de la duración de impulso de esta cadencia.



12.44. Detalle de la válvula de corredera y de las bolas de reacción.



12.43. Válvula electromagnética abierta y cerrada.

Funcionamiento de la caja de correderas

Velocidad del vehículo: v = 0 km/h

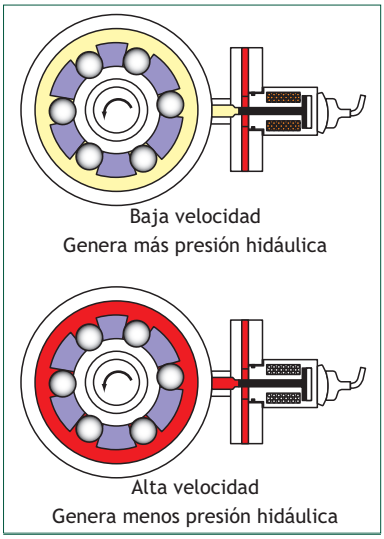
En esta fase, se aplica la máxima corriente a la válvula electromagnética PML. Esto hace que se cierre contra la presión del resorte de compresión integrado. En las cámaras de reacción existen relaciones de presión idénticas, dado que la afluencia del aceite a presión está anulada. No se ejerce ninguna fuerza sobre las bolas de reacción (4) y no se produce ningún momento o par adicional sobre las superficies en forma de velocidad de la corredera giratoria (12).

La dirección presenta facilidad de movimiento dado que es muy reducido el momento de dirección a aplicar por el conductor, compuesto por el vencimiento de la fuerza de la barra de torsión (10). A través del taladro del estrangulador constante (8), se conduce el flujo de aceite casi sin presión hacia el depósito del sistema de la bomba de la servodirección.

Velocidad del vehículo: v > 100 km/h

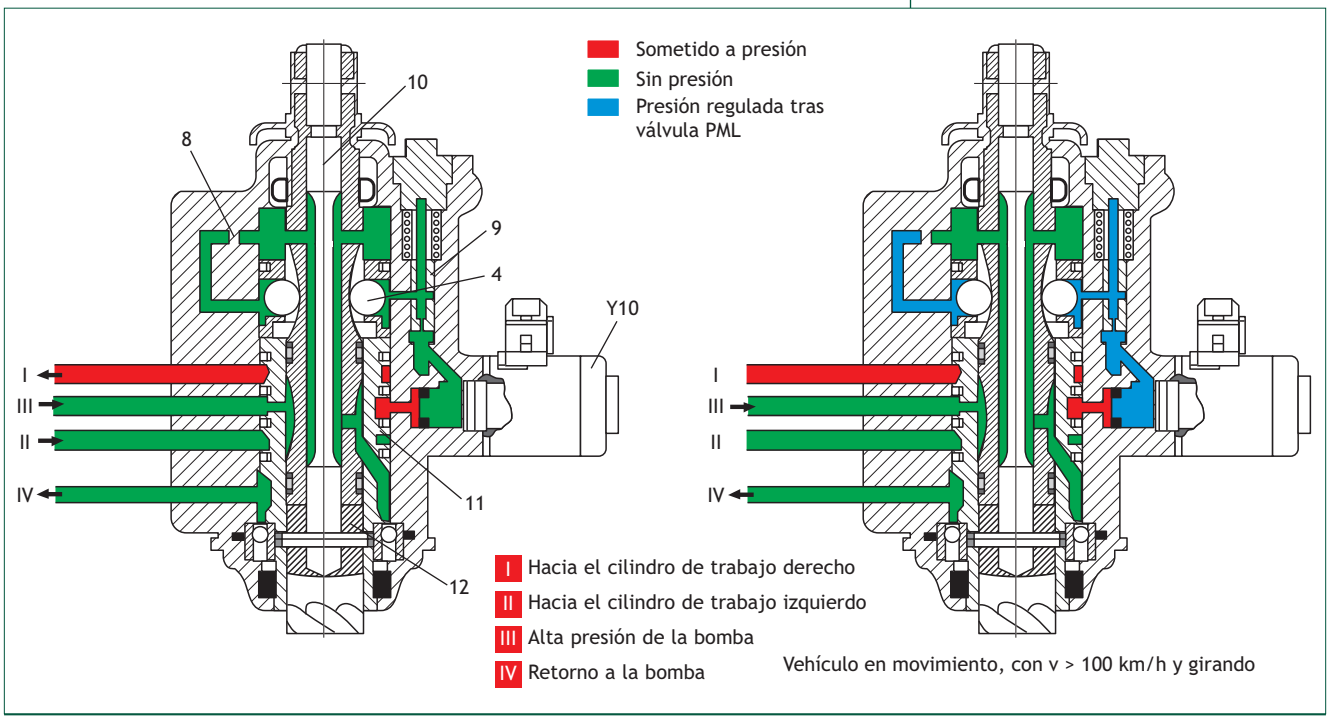
En esta fase, la válvula electromagnética PML recibe una corriente pequeña. El aceite fluye a través de la corredera de regulación (9) y a la máxima presión posible desde la válvula electromagnética PML a las bolas de reacción (4), por lo que aumenta al máximo la acción de la presión sobre sus superficies en forma de velocidad de la corredera giratoria (12).

El taladro del estrangulador constante (8) reduce la presión regulada por la válvula electromagnética PML. La presión se conduce a continuación como flujo de retorno casi sin presión hacia el depósito del sistema de la bomba de la servodirección.



12.45. Efecto de la velocidad para el accionamiento de la válvula.

- 4 Bolas de reacción
- 8 Taladro del regulador constante
- 9 Corredera de regulación
- 10 Barra de torsión
- 11 Casquillo de mando
- 12 Corredera giratoria
- Y10 Válvula electromagnética PML



12.46. Funcionamiento de la caja de correderas. Fuente: Mercedes.

5 >> Dirección con asistencia eléctrica

Otros tipos de direcciones que se montan en la actualidad son las direcciones con asistencia eléctrica. Estas incorporan una ayuda electromecánica por medio de motores eléctricos gestionados electrónicamente por unidades de control que reciben información de los distintos sensores que integra el vehículo.

5.1 > Dirección activa AFS

La dirección activa AFS *(Active Front Steering)* varía la desmultiplicación de dirección en función de la velocidad de directa a indirecta y viceversa. Esta dirección garantiza una dirección directa con pequeños ángulos de giro a bajas velocidades y una dirección indirecta a altas velocidades que asegura una alta estabilidad del vehículo.

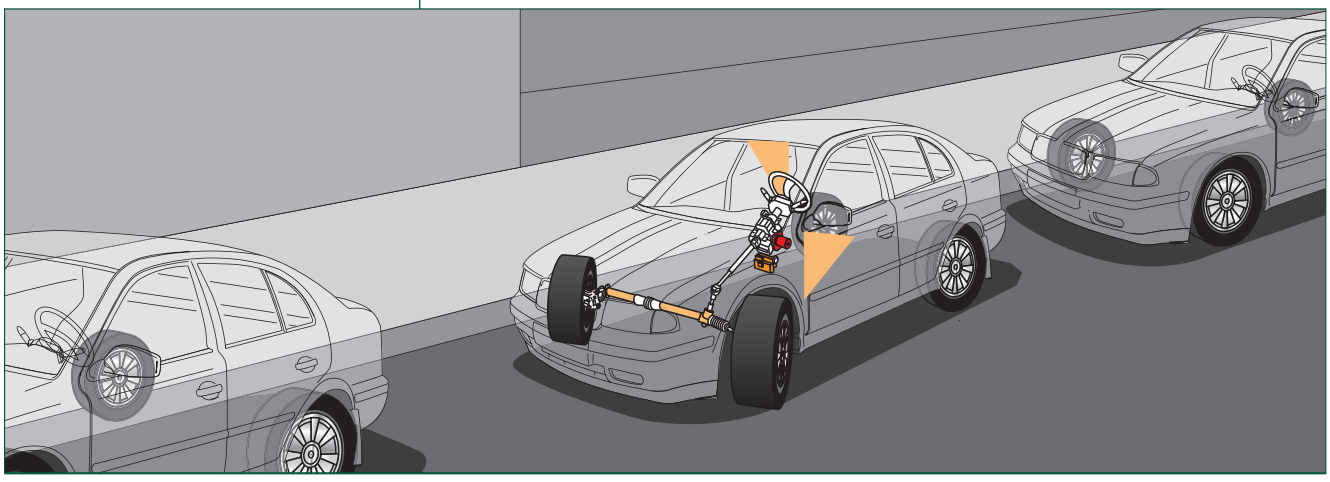
Con la dirección convencional existe siempre un conflicto de intereses: por un lado, la dirección no debe ser muy directa debido a la sensibilidad de dirección a altas velocidades; por otro lado, a baja velocidad e incluso al aparcar, sería deseable una dirección notablemente más directa.

Mediante la nueva dirección activa se soluciona este conflicto. Este sistema permite que la dirección sea más o menos directa en función de la velocidad.

Funcionamiento de la dirección activa AFS

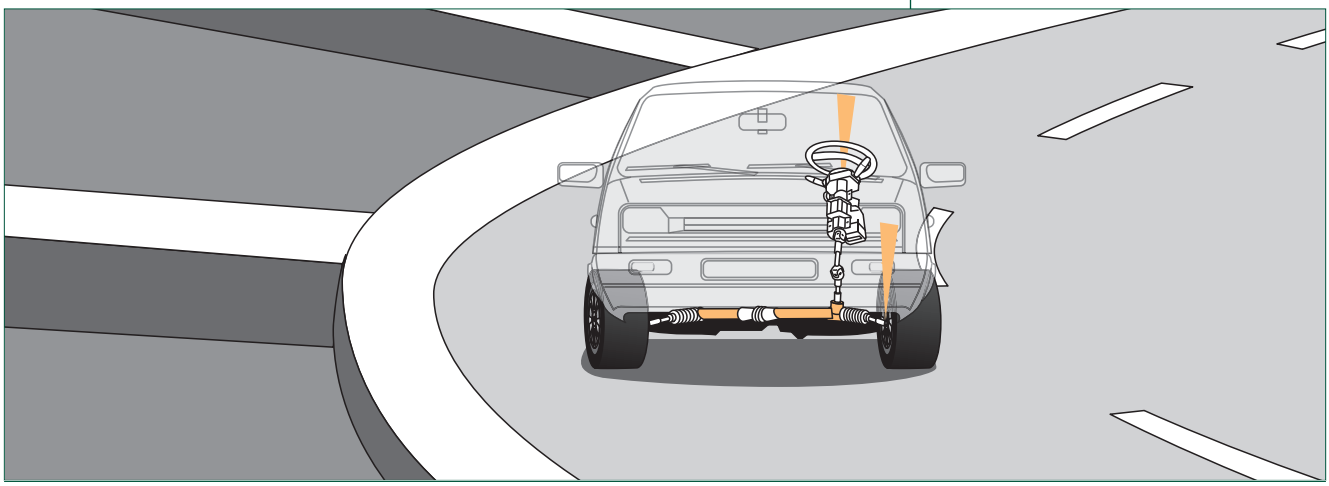
En la dirección activa AFS, gracias a la desmultiplicación directa hasta la gama media de velocidades de marcha (aproximadamente 100 km/h), el vehículo se percibe como más ágil y manejable. El conductor posee mayor control en las maniobras de desvío y más dureza del volante. El tacto de la dirección tampoco se pierde y el conductor nota el contacto con la calzada, algo imprescindible en una conducción segura.

En situación de maniobra, se reduce el giro de tope a tope de la dirección en más de una vuelta. Con esto se consigue un menor esfuerzo del conductor en los giros en el tráfico urbano, en las maniobras para aparcar y en los recorridos con muchas curvas.



12.47. Situación de maniobra, ampliación de giro de rueda.

Cuando se circula a alta velocidad, gracias a la desmultiplicación indirecta en marcha rápida, se suavizan fallos de conducción como los giros repentinos del volante ante una situación de alarma. La dirección activa amortigua los derrapes (movimientos giratorios del vehículo sobre su eje vertical) desde el comienzo. Por ejemplo, al cambiar de carril, en una maniobra de desvío o con el cambio de carga en una curva. La dirección activa interviene a cualquier velocidad de forma electrónica y sin que el conductor lo aprecie. Gracias a ello, el sistema de estabilización, el **control dinámico de la estabilidad (DSC),** debe intervenir con menor frecuencia y menor intensidad.



12.48. Situación de giro a velocidad rápida, disminución del ángulo de giro. Fuente: BMW.

Componentes de la dirección activa ASF

A la dirección activa pertenecen los siguientes componentes:

– **Sensor de posición del motor.** El sensor de posición del motor registra la posición del rotor del servomotor. Esta posición se comunica a la unidad de mando de la AFS.
– **Sensor de ángulo de dirección acumulado y sensor de ángulo de dirección.** El sensor de ángulo de dirección acumulado registra el ángulo de dirección generado por la dirección activa en el engranaje de dirección. Este sensor tiene la misma función que el sensor de ángulo de la dirección en una dirección convencional.
  El sensor de ángulo de dirección del centro de conmutación de la columna de dirección registra el ángulo de giro tomado por el conductor con el volante. Ambas señales son necesarias para la unidad de mando.
– **Sensores DSC.** Los sensores de control dinámico de la estabilidad transmiten el reviraje (giro en torno al eje vertical) de forma redundante y la aceleración transversal a la unidad de mando de la AFS a través del CAN del chasis.
– **Unidades de control.** Para la dirección activa se conectan entre sí las siguientes unidades de mando:
  • **Unidad de mando de la AFS.** Esta unidad calcula los valores nominales para la activación del servomotor del engranaje de superposición.
  • **Módulo de seguridad y *gateway* SGM.** Mediante el módulo de seguridad y *gateway* se acciona la válvula ECO de la bomba de servodirección y la válvula de servotronic.

12.49. Dispositivo ASF. Fuente: BMW.

- **Control dinámico de la estabilidad (DSC).** La unidad de mando del DSC y la de la AFS se conectan a través del CAN del chasis. Desde la unidad de mando del control dinámico de la estabilidad se proporciona la velocidad de marcha.
- **Electrónica digital del motor.** A través de la línea CAN, la DME envía a la unidad de mando de la AFS la señal de si el motor está en marcha. Asimismo, la unidad de mando de la AFS indica a la DME el par motor aproximado de la bomba de servodirección.
- **Car Access System CAS.** Entre la unidad de mando de la AFS y el CAS se autentifica el vehículo comparando el número del chasis.

– **Actuadores.** La dirección activa gestiona los siguientes actuadores:

- **Engranaje de superposición con servomotor.** A través del servomotor, el engranaje de superposición genera un ángulo de giro adicional en las ruedas delanteras.
- **Testigo de advertencia y *display* de información central.** Si se produce un error en el sistema de dirección activa, este se indica mediante un testigo de aviso fijo en el cuadro de instrumentos. Al mismo tiempo, mediante un testigo de control variable se señala un aviso del check-control. El texto del aviso del check-control puede verse en el *display* de información central, CID.

Opcionalmente este tipo de dirección integra junto con la dirección hidráulica una válvula servotronic, que garantiza el apoyo a la dirección en función de la velocidad, y una válvula ECO montada en la bomba de servodirección que permite su regulación.

5.2 > Dirección electromecánica de doble piñón

La dirección asistida electromecánica es un sistema de dirección asistida eléctrica sensible a la velocidad que solo se activa cuando es necesario y carece de componentes hidráulicos.

Esta dirección suprime el circuito hidráulico formado por la bomba de alta presión, depósito, válvula distribuidora y canalizaciones que forman parte de las servodirecciones hidráulicas por un motor eléctrico que acciona una reductora (corona + tornillo sin fin) que mueve la cremallera de la dirección.

De esta manera se elimina la utilización del líquido hidráulico, se reduce el espacio, se disminuye la sonoridad y el consumo energético, etc.

En comparación con la dirección asistida hidráulica, los vehículos equipados con dirección asistida electromecánica se benefician de un menor consumo de combustible y de nuevas funciones de confort y seguridad: el retorno activo del volante a su punto central mejora la sensación de dirección alrededor del punto central, mientras la compensación del viento de costado ayuda al conductor cuando se circula con viento de costado constante o en una superficie de calzada inclinada hacia un lado.

Los componentes de servoasistencia van instalados y actúan directamente en la caja de la dirección.

Durante la conducción, el conductor tiene una sensación óptima al volante en cualquier situación gracias a una buena estabilidad rectilínea, a una respuesta directa pero suave a las instrucciones de dirección y a la inexistencia de reacciones desagradables sobre pavimento irregular.

Componentes de la dirección electromecánica

La dirección electromecánica está constituida por los siguientes componentes:

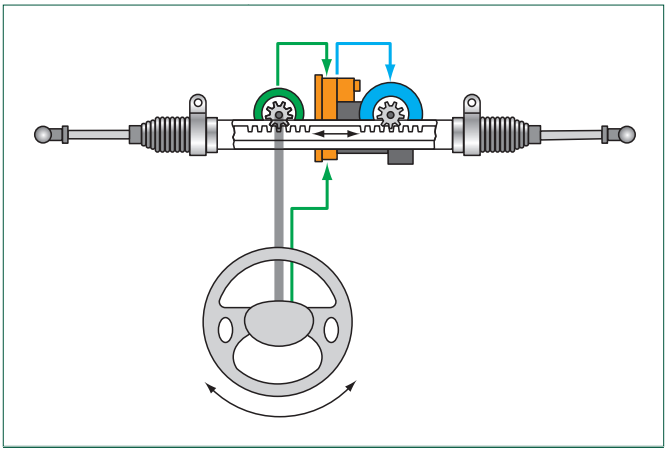
Caja de la dirección

La caja de la dirección está formada por el sensor de par de dirección, una barra de torsión, un piñón de dirección y uno de accionamiento, un engranaje de sin fin, un motor eléctrico con la unidad de control y una cremallera con dos dentados.

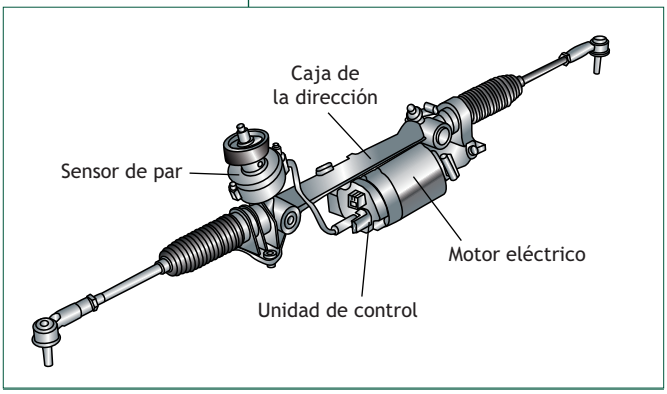
La fuerza necesaria para el mando de la dirección se realiza través del piñón de dirección y del piñón de accionamiento hacia la cremallera. El piñón de dirección transmite los pares de dirección aplicados por el conductor y el piñón de accionamiento transmite, a través de un engranaje de sin fin, el par de servoasistencia del motor.

El motor eléctrico con unidad de control y los sensores para la servoasistencia de la dirección van asociados al segundo piñón.

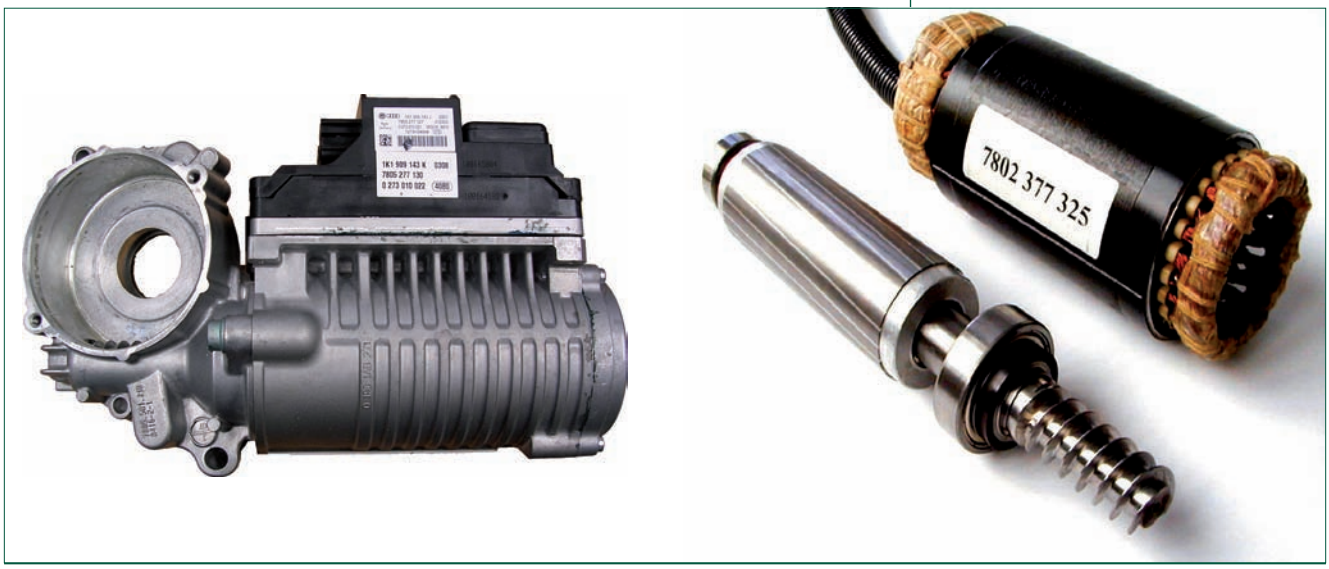
Siempre existe comunicación mecánica entre el volante y la cremallera de forma que se puede dirigir mecánicamente el vehículo en caso de averiarse el servomotor.



12.50. Esquema de componentes de la dirección electromecánica de doble piñón.



12.51. Caja de la dirección.



12.52. Motor eléctrico asíncrono.

12.53. Unidad de control.

Motor para dirección asistida electromecánica

El motor que utiliza esta dirección es asíncrono sin escobillas y permite movimientos muy rápidos en la dirección.

A través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento ataca contra la cremallera y transmite así la fuerza de servoasistencia para la dirección.

La unidad de control detecta el régimen del rotor por medio de un imán instalado en el extremo del eje por el lado de control. Esta señal determina la velocidad de mando de la dirección.

En caso de averiarse el motor, este es movible, al no tener corriente aplicada a través de la caja de la dirección, con una fuerza un poco superior sobre el volante de dirección.

En caso de cortocircuito, el motor no se bloquea y, si se avería, el sistema lo visualiza encendiéndose en rojo el testigo luminoso del cuadro.

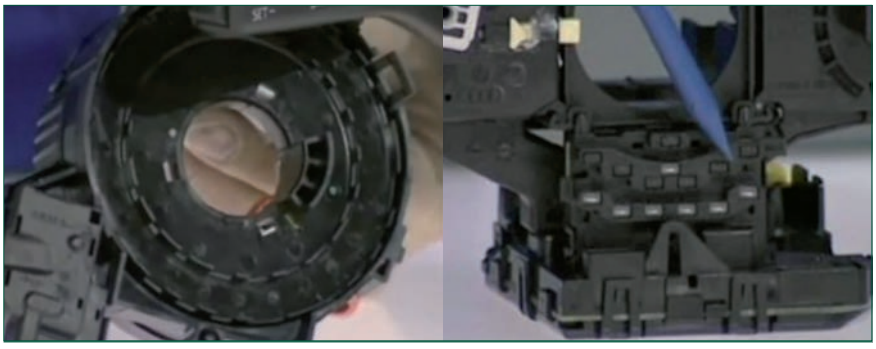
Unidad de control para dirección asistida

La unidad de control calcula las necesidades momentáneas de servoasistencia para la dirección. Calcula la intensidad de corriente excitadora y excita correspondientemente el motor.

Va fijada directamente al motor eléctrico. Recibe las señales del sensor de ángulo de dirección, del sensor de régimen del motor, del par de dirección, del régimen del rotor, de la velocidad de marcha del vehículo y la señal de haber identificado la llave de contacto.

Lleva integrado un sensor térmico para detectar la temperatura del sistema de dirección. Si la temperatura asciende por encima de los 100 °C se reduce de forma continua la servoasistencia para la dirección.

Si la servoasistencia cae por debajo de un valor de 60%, el testigo luminoso se enciende en amarillo y se inscribe una avería en la memoria de la unidad de control.



12.54. Unidad de control para dirección asistida.

12.55. Sensor de ángulo de la dirección.

Sensor de ángulo de dirección

Este sensor va situado detrás del anillo retractor, con el anillo colector para el sistema *airbag*. Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante.

La señal que suministra a través de CAN-Bus a la unidad de control de la dirección determina el ángulo de dirección.

En caso de fallo en este sensor, se ilumina el testigo luminoso del cuadro y se activa el programa de emergencia. La señal se sustituye por un valor supletorio y se conserva la servoasistencia.

Sensor de par de dirección

El sensor de par de dirección mide el par de mando a la dirección directamente en el piñón de dirección. Este trabaja según el principio magnetorresistivo.

En caso de avería en este sensor, se debe sustituir la caja de la dirección. Si se detecta un defecto se desactiva la servoasistencia para la dirección, iluminándose en color rojo el testigo luminoso del cuadro. La desactivación no se realiza de forma repentina, sino suave. Para ello, la unidad de control calcula una señal supletoria para el par de dirección, tomando como base los ángulos de dirección y del rotor del motor eléctrico.

12.56. Sensor de par de la dirección.

Sensor de régimen del rotor

El sensor de régimen del rotor forma parte del motor para la dirección asistida electromecánica y no es accesible desde el exterior.

Este sensor detecta el régimen de revoluciones del rotor que tiene el motor para la dirección asistida, dato necesario para poder excitar el motor con la debida precisión.

Al igual que el sensor de par de la dirección, trabaja según el principio magnetoresistivo y está diseñado de forma similar.

Si se avería este sensor, se ilumina de color rojo el testigo luminoso del cuadro y se emplea la velocidad de ángulo de dirección como señal suplementaria. La asistencia a la dirección se reduce de forma segura evitándose que se interrumpa de golpe la servoasistencia.

Unidad de control de ABS

Esta unidad suministra la señal de la velocidad de marcha del vehículo. En caso de no recibir la unidad de control de la dirección esta señal, se pone en vigor un programa de marcha de emergencia.

En este caso, se ilumina en color amarillo el testigo luminoso del cuadro y la servoasistencia sigue funcionando sin la función servotronic.

12.57. Unidad de control del ABS.

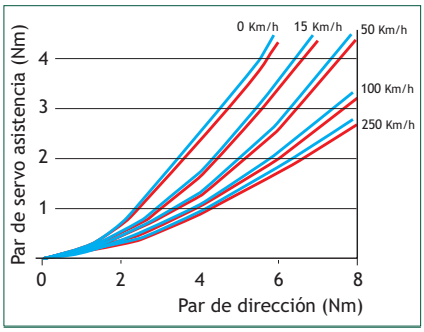
Sensor de régimen del motor

Consiste en un sensor de efecto hall capaz de determinar el régimen del motor. Esta señal es utilizada por la unidad de control del motor para detectar el número de vueltas del motor y la posición exacta del cigüeñal.

Si se avería el sensor de régimen del motor, no se visualiza ningún testigo luminoso y la dirección pasa a funcionar con borne 15.

Testigo luminoso

El testigo luminoso se encuentra en la unidad indicadora del cuadro de instrumentos. Se utiliza para avisar sobre funciones anómalas o fallos en la dirección asistida electromecánica.



12.58. Curvas características de la dirección electromecánica de doble piñón.

En caso de avería de poca envergadura, el testigo se ilumina de color amarillo pero, si la avería es de vital importancia se ilumina de color rojo y suena al mismo tiempo una señal de aviso acústico en forma de un gong triple.

Al conectar el encendido, el testigo se enciende unos dos segundos en rojo, porque el sistema de la dirección asistida electromecánica lleva a cabo un ciclo de autochequeo.

A partir de la llegada de la señal procedente de la unidad de control, que identifica que el sistema trabaja de forma correcta, se apaga el testigo.

Funcionamiento de la dirección electromecánica

La dirección electromecánica está gestionada electrónicamente por una unidad de control, la cual recibe señales de entrada de los distintos sensores, las evalúa y convierte en señales de salida para los actuadores (motor asíncrono).

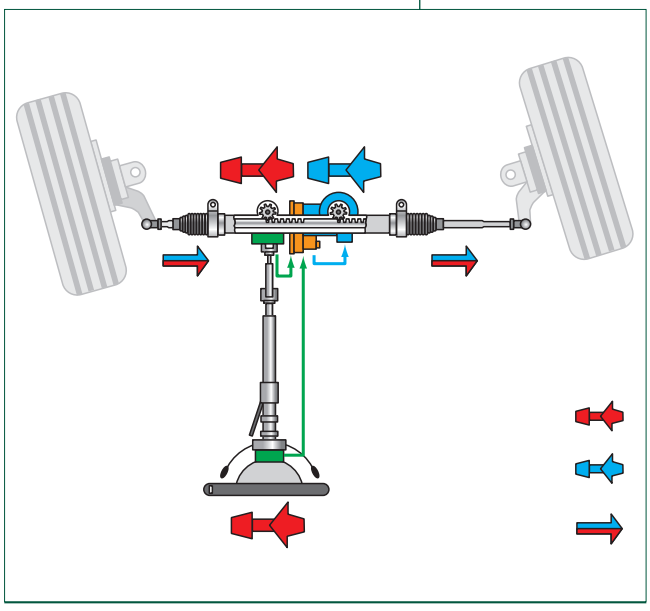
Esta unidad de control tiene parametrizadas distintas familias de características de funcionamiento.

Una familia de características contiene cinco curvas diferentes asignadas a diferentes velocidades del vehículo. Por ejemplo a 0, 15, 50, 100 y 250 km/h. Una curva de la familia de característica expresa el par de dirección y el par de accionamiento del motor eléctrico para una servoasistencia específica.

La regulación de la servoasistencia de la dirección se lleva a cabo recurriendo a una familia de características almacenadas en la memoria de la unidad de control.

Funcionamiento de la servoasistencia

La servoasistencia de dirección comienza cuando el conductor mueve el volante. Debido al par de giro del volante, una barra de torsión se tuerce en la caja de dirección. El sensor de par de dirección capta la magnitud de la torsión e informa sobre el par de dirección detectado a la unidad de control.



12.59. Funcionamiento de la servoasistencia.

El sensor de ángulo de dirección informa sobre el ángulo momentáneo y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad actual con que se mueve el volante.

El par de servoasistencia es calculado en función del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y las curvas características implementadas en la unidad de control.

La servoasistencia a la dirección se realiza a través de un segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera. Este piñón es accionado por un motor eléctrico.

El motor ataca hacia la cremallera a través de un engranaje sin fin y un piñón de accionamiento y transmite así la fuerza de asistencia para la dirección.

La suma del par de giro aplicado al volante y el par de servoasistencia constituye el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera.

Funcionamiento en la maniobra de aparcamiento

En esta maniobra, el conductor gira bastante la dirección. La barra de torsión se tuerce y el sensor del par de dirección entiende que se está aplicando al volante un par intenso. A su vez, el sensor de ángulo de dirección avisa de que hay un ángulo de dirección pronunciado y el sensor de régimen del rotor informa de la velocidad del mando actual de la dirección.

En esta situación también se toman otras magnitudes como la velocidad de marcha del vehículo de 0 km/h, el régimen del motor de combustión, el pronunciado ángulo de dirección y la velocidad de mando de la dirección. En función de las curvas características implementadas en la unidad de control, la UCE determina el par de servoasistencia y excita correspondientemente el motor eléctrico del segundo piñón.

Funcionamiento en recorridos por ciudad

Durante la realización de un giro, la barra de torsión se tuerce. El sensor de par de dirección detecta esta torsión y avisa a la unidad de control de que hay un par de dirección, de mediana intensidad aplicado al volante de la dirección. A su vez, el sensor de ángulo de dirección avisa de que hay un ángulo de dirección de mediana magnitud y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad momentánea con que se mueve el volante.

En esta situación también se toman otras magnitudes como la velocidad de marcha del vehículo de 50 km/h, el régimen del motor de combustión, un ángulo de dirección de mediana magnitud y la velocidad con que se mueve el volante, así como las curvas características memorizadas en la unidad de control para velocidad de 50 km/h. La unidad de control determina el aporte de un par de servoasistencia excitando correspondientemente el motor eléctrico.

Funcionamiento de la dirección en autopista

En una maniobra de cambio de carril, el giro que se realiza en el volante es pequeño, lo suficiente para torcer la barra de torsión. El sensor de par de dirección detecta la torsión de la barra y avisa a la unidad de control de que está aplicado un leve par de dirección al volante. A su vez, el sensor de ángulo de dirección avisa de que está dando un pequeño ángulo de dirección y el sensor de régimen del rotor avisa sobre la velocidad momentánea con que se acciona el volante.

En esta situación también se toman otras magnitudes como la velocidad de marcha del vehículo del vehículo de 100 km/h, el régimen del motor de combustión, un pequeño ángulo de dirección y la velocidad con que se acciona el volante. En función de las curvas características memorizadas en la unidad de control para v = 100 km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar un par de dirección leve o no aportar ningún par de dirección.

Retrogiro activo

El retrogiro activo permite que las ruedas vuelvan a su posición de marcha recta tras realizar una curva. Esto se realiza por medio del análisis del par

12.60. Motor eléctrico de servoasistencia.

de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección y la velocidad con que se gira el volante, así como en función de las curvas características memorizadas en la unidad de control y la comparación con la velocidad de mando de la dirección.

La unidad de control gestiona la alimentación del motor eléctrico posibilitando el retrogiro de la dirección.

5.3 > Otras direcciones eléctricas

Existen distintos tipos de direcciones con asistencia eléctrica. En este apartado se desarrolla otro sistema de dirección con asistencia eléctrica (EPS) formado por un servomotor eléctrico que asiste a la dirección a través de un mecanismo dispuesto en la columna de la dirección.

Cuando el conductor gira el volante, la unidad de control de la dirección envía la intensidad de corriente necesaria al servomotor de asistencia. El cual, gracias a su mecanismo de tornillo sin fin-rueda helicoidal que actúa sobre la columna, disminuye el esfuerzo a realizar en las maniobras de giro.

La unidad de control determina el funcionamiento del motor eléctrico mediante tres sensores:

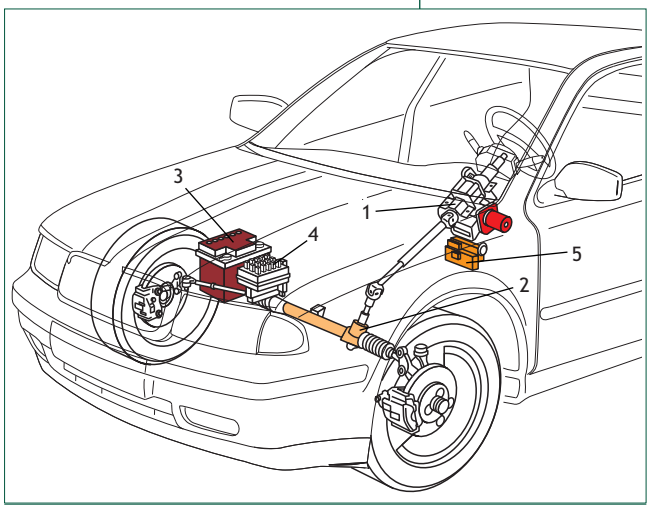
- El sensor de par, que determina el esfuerzo del conductor aplicado al volante.
- El sensor de velocidad, informa a la unidad de control de la velocidad del vehículo.
- El sensor de régimen de motor, que determina las revoluciones del motor de combustión.

La asistencia es variable en función de la velocidad del vehículo, es decir, al aumentar esta disminuye la fuerza a aplicar al volante

Funcionamiento de la dirección

Cuando se realiza un giro con este tipo de dirección, la fuerza que ejerce el conductor sobre el volante se añade la acción de un motor eléctrico que, mediante un acoplamiento tornillo sin fin-rueda helicoidal se acopla a la columna de dirección, suministrando un cierto par que aligera el esfuerzo del conductor.

1 Dirección asistida EPS
2 Caja de dirección mecánica
3 Batería
4 Centralita de derivación en el motor
5 Centralita de derivación bajo el salpicadero



12.61. Dirección eléctrica EPS.

Una centralita dirige el dispositivo de servoasistencia de la dirección que, midiendo el par que se ejerce sobre el volante, la posición angular del mismo y la velocidad del vehículo, decide qué cantidad de par debe suministrar el motor eléctrico, y lo alimenta con una corriente eléctrica proporcional.

El usuario, con el pulsador situado en el panel de mandos, puede seleccionar dos formas de conducir:

- Normal para una servoasistencia normal a media y alta velocidad.
- City para una dirección más blanda a baja velocidad para aparcar mediante una mayor servoasistencia.

6 >> Mantenimiento y diagnosis de las direcciones asistidas

Práctica 8

Las direcciones asistidas cada día solicitan menos intervenciones en cuanto a mantenimiento, diagnosis y reparación.

La dirección con asistencia hidráulica es un sistema que raramente necesita mantenimiento ya que esta no consume aceite y, si no existe ninguna pérdida o deterioro por daño, solamente se deberá realizar periódicamente la sustitución del líquido de servodirección en el periodo establecido por el fabricante y la sustitución de la correa de accesorios (poly-V).

En la actualidad, en el caso de que la caja de dirección haya sufrido un daño o esté averiada interiormente, se sustituye la caja de la dirección completa por una nueva tanto de origen como de cambio.

La bomba también es un elemento que no suele dar problemas pero, si existen, se deberá sustituir por una nueva. En esta se puede realizar la comprobación de la presión de aceite y la presión de descarga.

Causas más frecuentes de avería en una servodirección hidráulica

Avería	Causas	Solución
Dureza en la dirección girando hacia ambos lados	- Falta de presión en el circuito. - Nivel de líquido bajo. - Filtro obturado. - Fuga de presión. - Aire en el interior del circuito.	- Verificar el funcionamiento de la bomba. - Reparar de las fugas en el circuito. - Limpiar o sustituir. - Verificar el funcionamiento interno. - Verificar el estado de los retenes y sustituir. - Purgar de la dirección.
Imprecisión de la dirección durante la marcha en línea recta	- Falta de líquido hidráulico por fugas. - Aire en el interior del circuito.	- Comprobar el depósito, verificar posibles pérdidas y nivel. - Purgar la dirección.
Volante sensible a los golpes de la calzada	- Falta de líquido hidráulico por fugas. - Presencia de aire en el interior del circuito. - Juego excesivo en los engranajes o caja de la dirección.	- Investigar las fugas de aceite y rellenar el depósito a nivel. - Purgar la dirección. - Ajustar la caja de dirección.
La dirección flota	- Aire en el interior del circuito hidráulico.	- Purgado de la dirección.
La dirección hace mucho ruido	- Falta de líquido hidráulico por fugas. - Filtro sucio. - Aire en el interior del circuito - Correa destensada.	- Comprobar el depósito, verificar posibles pérdidas y nivel. - Limpiar o sustituir. - Purgar la dirección. - Tensar correa de accesorios poliy-V.
Falta de asistencia	- Canalizaciones o unión de estas en mal estado.	- Reparar la unión o sustituir la canalización.

7 >> Dirección a las cuatro ruedas

El fabricante de vehículos Renault en su modelo Laguna III monta un sistema de dirección a las cuatro ruedas denominado Active Drive (figura 12.62).

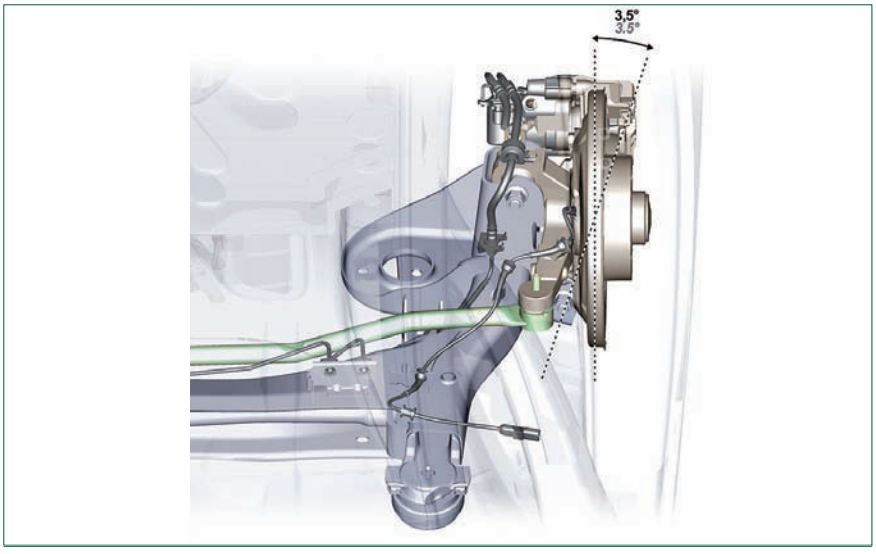
12.62. Sistema Active Drive. Fuente: Renault.

Este sistema permite que las ruedas traseras dispongan de dirección, como las delanteras, y pueden girar en sentido contrario a estas o en el mismo sentido. Cuando giran en sentido contrario aumenta la guiñada y disminuye el diámetro de giro; cuando giran en el mismo sentido, disminuye la guiñada.

De cara a la seguridad activa, su función es la misma que la del control de estabilidad, pero en ciertos casos puede ser más efectivo. Además, mejora la maniobrabilidad cuando el coche se desplaza a velocidad de aparcar.

7.1 > Funcionamiento del sistema

Sobre el eje trasero torsional del Laguna, Renault ha colocado unos bujes que pivotan sobre un eje, con un ángulo máximo de 3,5º (figura 12.63), un ángulo mucho menor que el de las ruedas delanteras, que suele estar en torno a 60º.



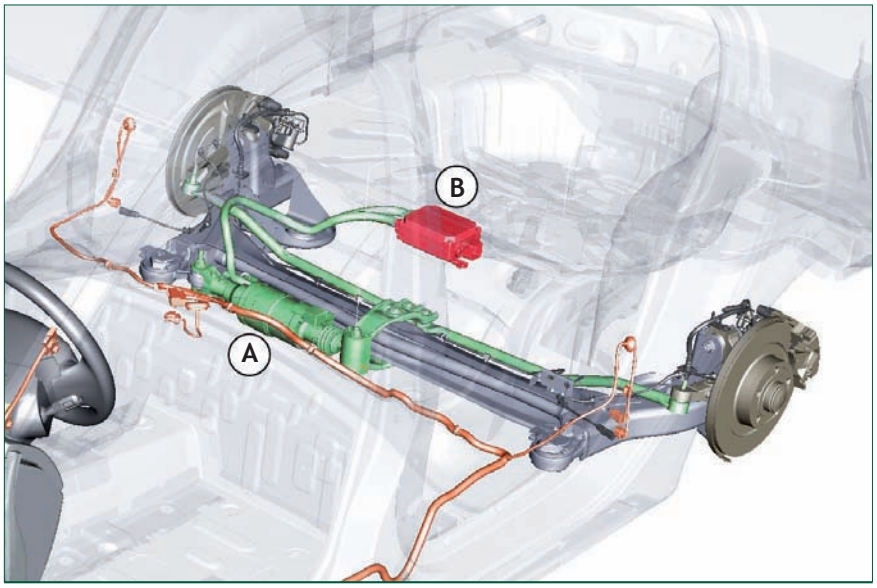
12.63. Grados de inclinación de las ruedas del eje trasero. Fuente: Renault.

Camiones

En los camiones de cuatro ejes, las ruedas del cuarto eje "Acerbi" elevable disponen de un mecanismo que les permite girar en sentido contrario a la dirección.

También los autobuses modernos con tres ejes disponen de un eje trasero direccional.

Un motor eléctrico A mueve las ruedas mediante un sistema de palancas semejante al que hay en las ruedas delanteras (figura 12.64). El sistema está controlado por una centralita B que tiene en cuenta multitud de datos como la velocidad y aceleración angular del volante, el ángulo de giro y velocidad del coche. Esta centralita evalúa todos estos datos cada centésima de segundo.



12.64. Motor eléctrico de accionamiento y centralita del eje trasero direccional. Fuente: Renault.

Hasta una velocidad de 60 km/h, las ruedas traseras pueden cambiar de dirección en sentido contrario a las delanteras. Cuando la velocidad del coche es muy baja, eso facilita maniobras como aparcar por dos razones:

– El diámetro de giro disminuye de 12,05 m (con las llantas de 18'') a 10,80 m.
– La dirección se vuelve más rápida, es decir, hay que mover menos el volante para conseguir el mismo efecto porque se suma el giro de las ruedas traseras.

Por ejemplo, para conseguir el mismo giro que requiere 16º de ángulo de volante sin la dirección activa, con la dirección activa solo son necesarios unos 13,5º. Cuando las ruedas traseras cambian de dirección al máximo (3,5º), solo es necesario un ángulo de volante de 12º (un 25% menos que sin dirección activa).

El comportamiento del Renault Laguna equipado con el sistema de dirección Active Drive es muy satisfactorio. En pruebas realizadas en chicanes simuladas con conos, este modelo de Laguna llega a superar en el paso por curva al Porsche Boxter S, un biplaza que, a priori, tendría todas las de ganar. Los datos de la prueba son los siguientes:

Modelo	Velocidad de entrada	Velocidad de salida
Renault Laguna	134 km/h	134 km/h
Porsche Boxter	134 km/h	122 km/h

Vehículos industriales

El tractor con brazo telescópico Merlo Multifarmer dispone de cuatro ruedas directrices con servoasistencia hidráulica. Con este sistema, el operador puede seleccionar tres modos de dirección:

- Dirección solamente en las ruedas delanteras, ideal para circular por carretera.
- Dirección con viraje corregido, donde las ruedas traseras giran en sentido contrario a las delanteras.
- Dirección de cangrejo, que permite desplazar la máquina lateralmente sin perder la alineación.

Técnica

Comprobación de descarga de la presión de aceite

•• Para esta comprobación la tensión, de la correa debe ser normal antes de comenzar con el siguiente procedimiento:

1. Conectar el manómetro hidráulico entre el conector de descarga de la bomba de aceite y la manguera de alta presión.
   Purgar el aire del circuito hidráulico mientras se abre la válvula al completo.
2. Poner en marcha el motor hasta que la temperatura del aceite alcance entre 50-80 °C.
   En esta operación, dejar la válvula del manómetro hidráulico totalmente abierta mientras se inicia y arranca el motor. Si se arranca el motor con la válvula cerrada, la presión hidráulica de la bomba de aceite sube hasta la presión de alivio a la vez que hay un incremento inusual de la temperatura del aceite.
3. Cerrar completamente la válvula del manómetro hidráulico no más de 10 s y con el motor al ralentí y medir la presión de alivio del aceite.

La lectura del manómetro será correspondida con la presión prescrita por el fabricante en el manual de reparaciones.

Técnica

Diagnóstico de las direcciones con asistencia eléctrica

•• En las direcciones con gestión electrónica, se hace necesario un equipo de diagnosis para realizar el diagnóstico y posterior reparación de las averías.

El equipo de diagnóstico realiza el autodiagnóstico de las unidades de control para comprobar los componentes y su funcionamiento. Permite realizar la identificación de unidades de control, lectura de memorias de averías, borrado de averías memorizadas, lectura de valores reales de medición, codificación de unidades de mando, etc.

La comunicación para el autodiagnóstico se realiza mediante la línea CAN-Bus de datos o a través de línea K.

El proceso de diagnóstico será el siguiente:

- Conectar el equipo de diagnóstico al vehículo mediante la clavija ISO (OBD).
- Identificar el vehículo: marca, modelo, motor, año de fabricación, etc.
- Identificar la unidad de mando de la dirección asistida y de las unidades relacionadas. Por ejemplo ESP, cuadro de instrumentos, etc.
- Leer las averías memorizadas y detectar si son esporádicas o permanentes. Borrar posteriormente las averías.
- Lectura de valores de reales medición para la comprobación del funcionamiento del sistema o de los elementos y para la localización y diagnóstico de averías que pudieran producirse.

12.65. Verificación con equipo de diagnosis. Fuente: BOSCH.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuáles son los principales factores que intervienen en la resistencia al giro del volante de un vehículo?

2·· ¿Cuál es la misión de la válvula reguladora de presión y caudal del circuito hidráulico de la dirección?

3·· ¿Para qué sirve el enfriador de la dirección asistida y dónde va montado habitualmente?

4·· ¿Qué diferencias encuentras entre una dirección con asistencia hidráulica y una con asistencia hidráulica y gestión electrónica?

5·· ¿Cuál es la diferencia principal entre la servodirección hidráulica modular y la semimodular?

6·· Explica el funcionamiento de la dirección asistida servotronic ZF.

7·· ¿Qué funciones asume la unidad de control de la dirección asistida electrohidráulica?

8·· ¿Qué función realiza el sensor de temperatura en la servodirección electrohidráulica? ¿Qué tipo de resistencia es? ¿Qué ocurre si este sensor detecta una elevada temperatura de la dirección?

9·· Explica el funcionamiento de la caja de correderas y de la válvula PML de la dirección paramétrica.

10·· ¿En qué se basa el funcionamiento de la dirección activa AFS?

.: APLICACIÓN :.

1·· Sustituye el líquido hidráulico de la dirección, realiza el purgado del aire y comprueba y ajusta su nivel.

2·· Realiza la sustitución de la correa de accesorios poly-V. Sustituye el tensor en caso necesario.

3·· Realiza la comprobación de la presión de tarado de la válvula limitadora de presión y caudal en una dirección con asistencia hidráulica.

4·· Sobre un vehículo con dirección con asistencia hidráulica, inspecciona la existencia de fugas y en caso afirmativo, repáralas.

5·· Realiza el diagnóstico de la dirección en un vehículo con dirección asistida y gestión electrónica:

- Realiza la lectura de memoria de averías y el borrado en caso necesario.
- Realiza la lectura de valores reales de funcionamiento.

En esta práctica deberás ayudarte del manual de reparaciones del vehículo.

6·· Con ayuda del esquema eléctrico, una caja de bornes y un multitéster, realiza la verificación de los componentes electrónicos de una dirección con gestión electrónica.

Caso final

Reparación de una avería en la dirección electrohidráulica

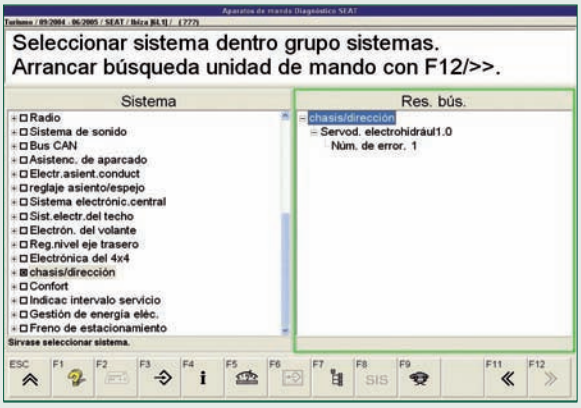
•• Al taller llega un SEAT Ibiza al que se le ha encendido en el tablero de abordo un testigo amarillo y se le ha endurecido la dirección asistida. Comprueba la dirección con el equipo de diagnosis y repara la avería.

12.66. Testigo de avería.

Solución •• En primer lugar, recepciona el vehículo e intenta investigar todo lo posible mediante la información aportada por el conductor, los efectos del fallo y las posibles causas de la avería.

A continuación conecta el equipo de diagnosis al vehículo mediante la clavija universal ISO (OBD) y procede a la lectura de la memoria de averías de la servodirección mediante el quipo de diagnosis, que en este caso es el KTS de BOSCH.

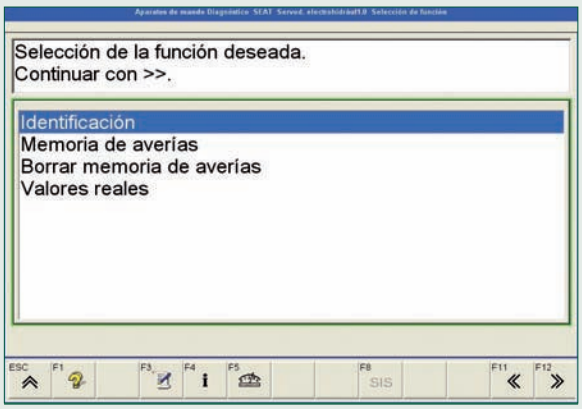
12.67. Conector de diagnosis.



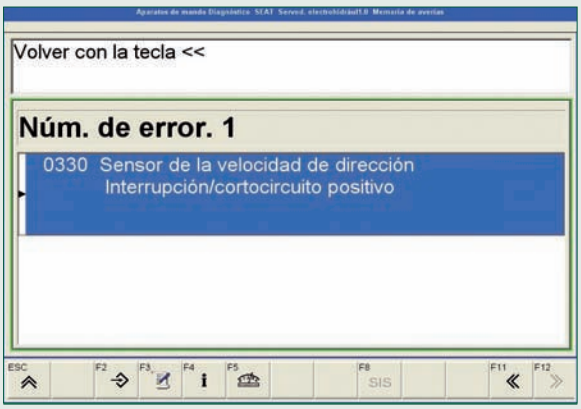
12.68. Identificación del sistema.

En primer lugar, identifica correctamente el vehículo: motor, variante, etc. y selecciona el *tester* de diagnóstico.

Selecciona el sistema a diagnosticar e identifica el mismo. Tras identificarlo, observa si este presenta un error.



12.69. Identificación de unidad de mando.



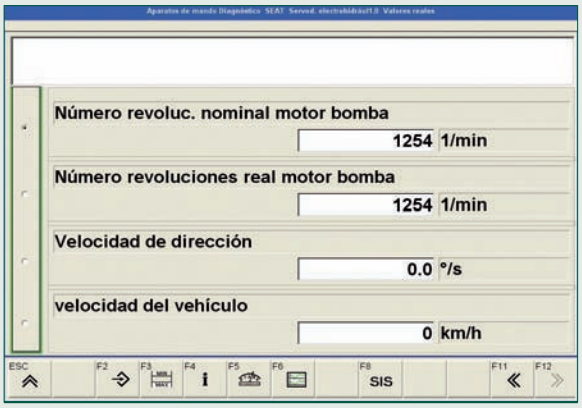
12.70. Lectura de memoria de averías.

Tras entrar en la memoria de averías, observa que el error detectado es el 0330: sensor de la velocidad de la dirección interrupción/cortocircuito positivo.

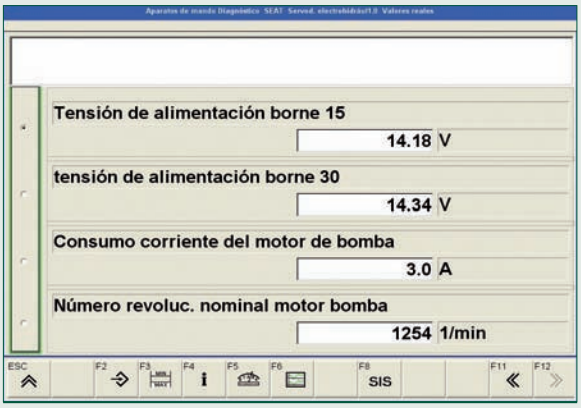
Este sensor se encuentra ubicado en la caja de la dirección, junto a la torreta de accionamiento hidráulico.

Para cerciorarte de que es una avería en este sensor y no un fallo temporal en su funcionamiento, borra la memoria de averías y realiza una nueva lectura.

También puedes comprobar el funcionamiento del componente por medio de la lectura de valores reales. Además, en esta prueba puedes realizar la medición de otros parámetros de funcionamiento.

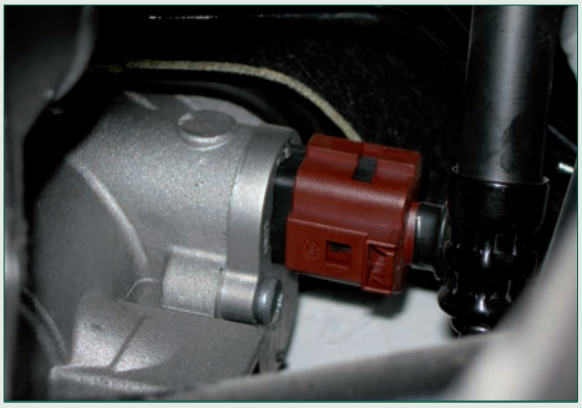


12.71. Lectura de valores reales: rpm del motor.

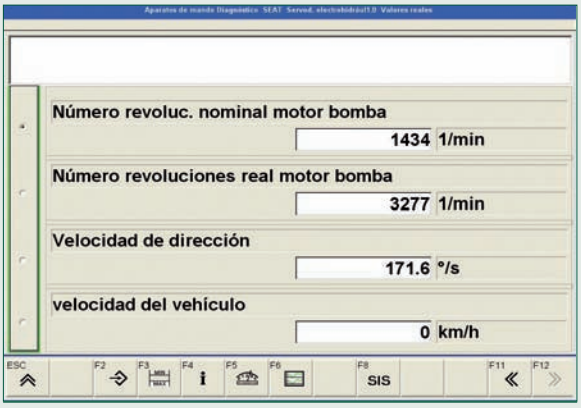


12.72. Lectura de valores reales: tensión en bornes.

Como puedes observar en las figuras 12.71 y 12.72, se pueden leer los valores a tiempo real de revoluciones de la bomba, velocidad del vehículo, tensión de alimentación en el borne 30 y en el 15, consumo de corriente del motor de la bomba, etc. En cambio, la velocidad de dirección es de 0,0 °/s. Esto se traduce en que este sensor no envía este parámetro a la unidad de control cuando gira la dirección debido a que está averiado y por lo tanto tendremos que sustituirlo.



12.73. Ubicación en la caja de la dirección.

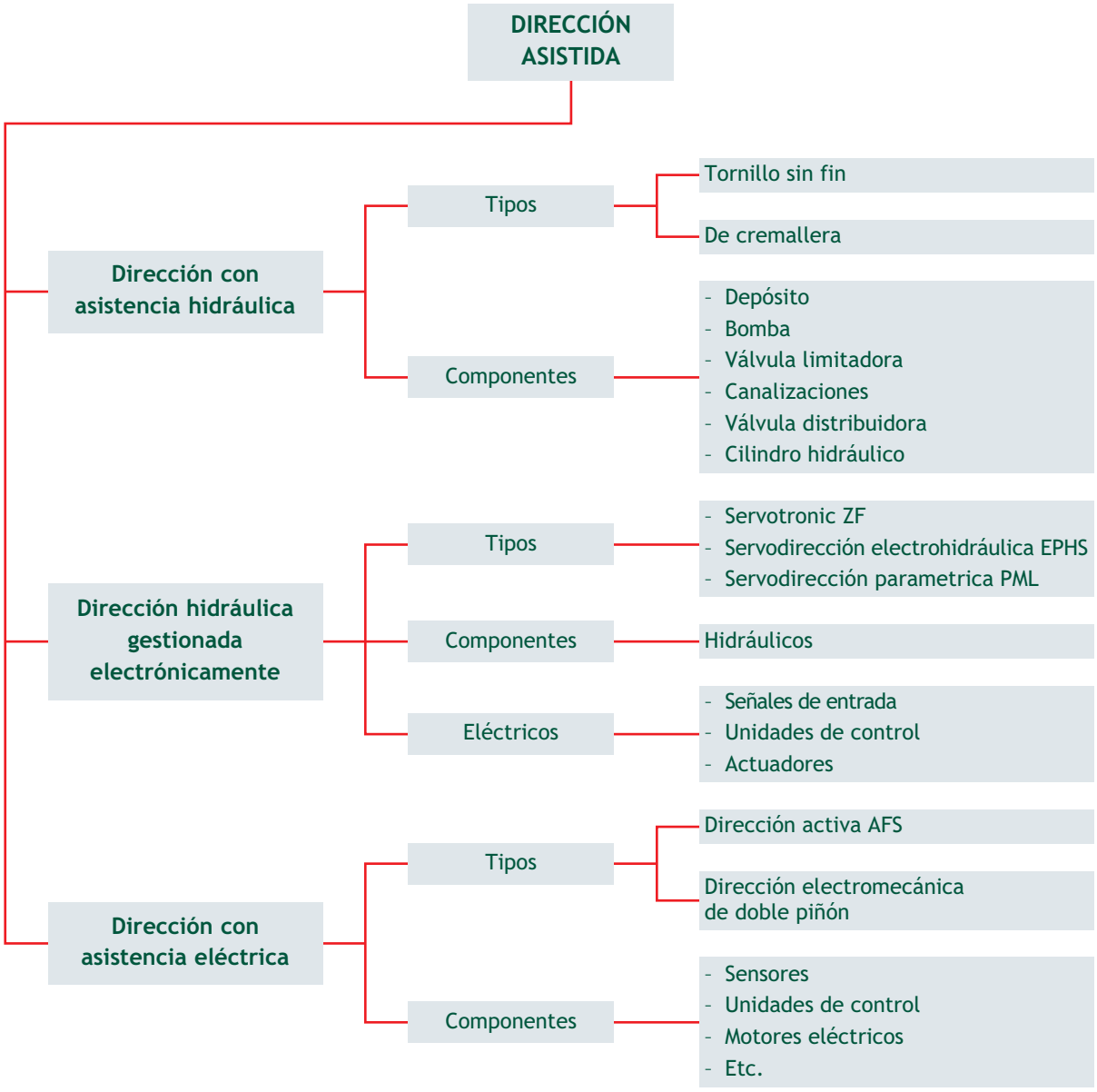


12.74. Valores del sensor de velocidad una vez sustituido.

Para sustituir este sensor, suelta la clema del mismo y quita los tornillos de fijación con la caja de la dirección.

El montaje se realiza inversamente al montaje. Una vez montado el nuevo sensor, vuelve a realizar el diagnóstico del sistema y comprueba la memoria de averías y el funcionamiento suave de la dirección.

Ideas clave


DIRECCIÓN ASISTIDA
Dirección con asistencia hidráulica
Tipos
Tornillo sin fin
De cremallera
Componentes
- Depósito
- Bomba
- Válvula limitadora
- Canalizaciones
- Válvula distribuidora
- Cilindro hidráulico
Dirección hidráulica gestionada electrónicamente
Tipos
- Servotronic ZF
- Servodirección electrohidráulica EPHS
- Servodirección parametrica PML
Componentes
Hidráulicos
Eléctricos
- Señales de entrada
- Unidades de control
- Actuadores
Dirección con asistencia eléctrica
Tipos
Dirección activa AFS
Dirección electromecánica de doble piñón
Componentes
- Sensores
- Unidades de control
- Motores eléctricos
- Etc.

NUEVA DIRECCIÓN ASISTIDA ELECTROMECÁNICA CON ENGRANAJE PLÁSTICO

Novedosa aplicación de Ultramid de BASF en la servodirección de vehículos Volkswagen y BMW

La primera dirección asistida electromecánica sometida a grandes cargas con un engranaje helicoidal plástico para vehículos de la categoría media ha sido producida en serie por el fabricante de sistemas ZF Lenksysteme GmbH en Schwäbisch Gmünd (Alemania).

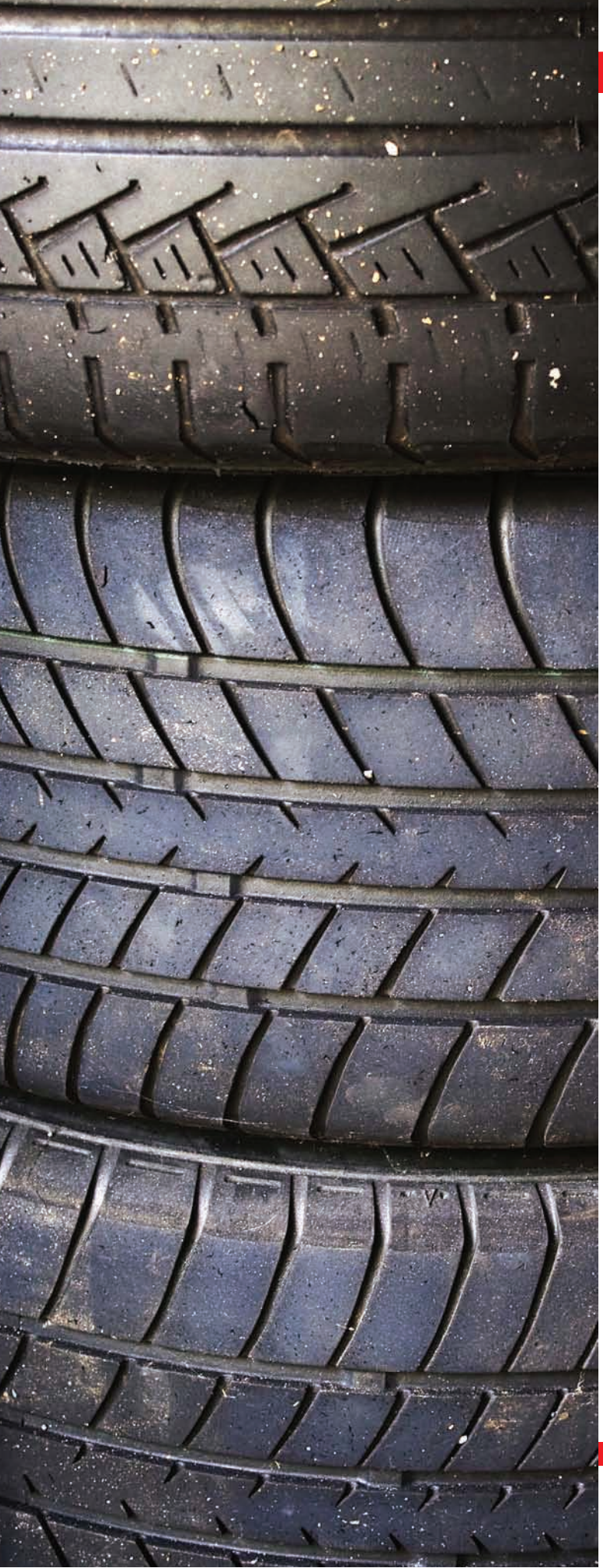
Entre otras aplicaciones, el módulo ha sido integrado en la dirección del Touran y del nuevo Golf de Volkswagen, así como en el Audi A3. Su primera aplicación tuvo lugar en el BMW Z4 Roadster. El engranaje principal de este sistema para la asistencia de la dirección –que es aquí el engranaje helicoidal– ha sido fabricado con Ultramid® A4H, una poliamida de BASF. El fabricante ha bautizado con el nombre de ZF-Servolectric® a este novedoso sistema de dirección asistida que reemplazará paulatinamente la servodirección hidráulica clásica.

La dirección asistida

Los sistemas de dirección asistida hidráulica convencionales precisan de una circulación constante del aceite hidráulico para su funcionamiento que además requiere de una bomba de alta presión, un depósito para el aceite, tuberías y conductos con los que poder garantizar el flujo continuo del aceite en el sistema. Esto supone un importante consumo de energía que se traduce automáticamente en un gasto de combustible y de dinero. Al contrario de lo que ocurre con la dirección asistida tradicional, el nuevo sistema de servodirección electromecánica se acciona únicamente cuando realmente se precisa, es decir, al realizar maniobras, conducir por curvas o al contrarrestar las fuerzas laterales ocasionadas por deformaciones del firme (ranuras) o vientos laterales. A través del nuevo sistema se reduce el consumo de combustible en unos 0,2 litros por cada 100 km. Para poder conseguir un nivel de ahorro similar sin utilizar este sistema sería necesario construir un vehículo 100 kilogramos más ligero. Además, el mantenimiento del nuevo sistema de dirección asistida es mucho más sencillo, ya que, al contrario de lo que ocurre con la servodirección hidráulica, la dirección electromecánica terminada constituye un módulo independiente que puede ser probado e inspeccionado antes de su montaje y adaptarse, como unidad compacta que es, con mayor facilidad a las características específicas del vehículo en el que se desee instalar. Otra ventaja importante la constituye la posibilidad de programar diferentes grados de asistencia a través del control electrónico según las características de la marcha: por ejemplo si se desea una conducción de estilo deportivo o confortable, o para aplicaciones en vehículos de minusválidos. Así pues la dirección reacciona no solo en función de la velocidad con que se circula sino también del ángulo y la velocidad de giro.

El material

En los BMW, en los que el servomando se encuentra colocado justo en la misma columna de la dirección, y en los modelos Volkswagen, en los que el servomando está montado como segundo piñón de la cremallera en el compartimento del motor, la transmisión de fuerzas del servomotor se efectúa a través de la unidad de piñones y engranajes. El sistema Servolectric® de ZF-Lenksysteme es la primera dirección eléctrica de alto rendimiento para vehículos de la categoría media en la que ese engranaje no está fabricado de metal sino de un material plástico técnico llamado Ultramid A4H.



unidad 13

Ruedas

SUMARIO

- La rueda: llanta y neumático
- Neumáticos, operaciones de montaje y desmontaje, inflado, equilibrado y reparación

OBJETIVOS

- Conocer las ruedas y sus elementos.
- Estudiar las llantas y los neumáticos, y aprender a diferenciarlos.
- Realizar el montaje y desmontaje de ruedas.
- Realizar el equilibrado y reparación de ruedas.

1 >> La rueda como elemento de transporte y seguridad

La rueda es una máquina elemental cuya misión es transmitir el movimiento que aporta su eje.

La rueda es un invento que se conoce desde la civilización mesopotámica y que, con el paso del tiempo, ha ido evolucionando en todos los sectores productivos.

Gracias a la rueda, hoy en día podemos entender el transporte terrestre de la manera que lo conocemos. Las primeras ruedas estaban fabricadas en materiales fáciles de trabajar y muy rudimentarios, como arcilla, piedra, madera, etc.

Hoy en día, sin embargo, la rueda busca un estilismo dentro de los vehículos. No solo debe realizar las funciones para la que ha sido fabricada sino que, además, debe ser ligera, elegante y armoniosa.

En la actualidad, la rueda es un conjunto formado principalmente por tres elementos:

– La parte metálica o llanta.
– El neumático.
– El aire.

Las ruedas de un vehículo en movimiento necesitan vencer la fricción de rodadura que se produce al conducir. La fricción de rodadura que un neumático debe vencer es de aproximadamente una décima parte de la fricción de deslizamiento correspondiente.

La rueda, junto con la suspensión, los frenos y la dirección, es uno de los elementos fundamentales en la seguridad activa de los vehículos que, con ayuda de sistemas como el ABS/ESP, garantizan el máximo nivel de seguridad en carretera.

1.1 > Llanta y neumático

En automoción, el binomio llanta y neumático se conoce como rueda.

El neumático y, en definitiva, la rueda, es el punto de contacto entre el vehículo y la calzada y, por tanto, asume importantes responsabilidades durante su funcionamiento: tracción, agarre, frenada, etc.

Las funciones más importantes que debe aportar una rueda son:

– Soportar y transmitir carga vertical al terreno.
– Desarrollar esfuerzos longitudinales (tracción y frenado).
– Proporcionar esfuerzos laterales precisos (control y estabilidad).
– Actuar como colchón amortiguador.

13.1. Rueda de un vehículo de competición.

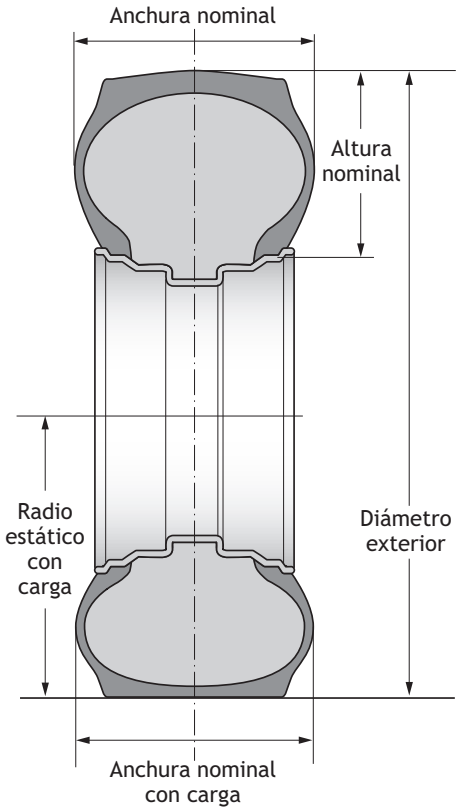
Aquaplaning

El efecto aquaplaning se produce cuando el neumático no es capaz de evacuar el agua al rodar por una superficie mojada.

Si la presión de agua aplicada en la escultura del neumático es igual o superior a la presión específica de la huella del neumático, este pierde la adherencia con la calzada.

Cuanto mayor sea la velocidad del vehículo o cuanto mayor sea el desgaste del neumático, tanto mayor será el efecto de aquaplaning.

13.2. Comportamiento del vehículo al tomar una curva.



13.3. Dimensiones de la rueda.

1.2 > Dimensiones de las ruedas

En las ruedas se pueden distinguir las siguientes dimensiones:

- **Diámetro exterior**: es el diámetro de un neumático sin carga, montado sobre la llanta recomendada e inflado a la presión recomendada.
- **Anchura nominal**: es la anchura de la sección del neumático inflado, excluida toda rotulación o decoración.
- **Altura nominal**: es la distancia entre el asiento del talón y el perfil exterior de la banda de rodadura del neumático inflado en la sección central.
- **Radio estático con carga**: es la altura en posición vertical entre la superficie de la carretera y el centro del eje en condiciones nominales de carga/inflado del neumático.
- **Anchura nominal con carga**: es la anchura de la sección transversal con carga.
- **Separación mínima entre ruedas gemelas**: es la distancia mínima que se recomienda entre las secciones centrales de neumáticos gemelados para evitar el contacto en la zona de flexión.
- **Relación altura/anchura**: es la altura nominal expresada como porcentaje de la anchura nominal.

En algunos casos, estas dimensiones pueden variar dependiendo de la carga del vehículo.

Casos prácticos

Desplazamiento de una rueda

•• Un vehículo equipa de origen unas ruedas cuya medida es 195/65 R15.

¿Qué número de vueltas girarán estos neumáticos tras haber recorrido una distancia de 500 metros?

Para realizar los cálculos puedes despreciar el radio bajo carga.

Solución •• En primer lugar calcula el diámetro exterior total de la rueda en milímetros:

$$195 \cdot 0{,}65 \cdot 2 + 15 \cdot 25{,}4 =$$

$$= 195 \cdot 1{,}3 + 381 = 253{,}5 + 381 = 634{,}5 \text{ mm}$$

Sabiendo el diámetro de la rueda, calcula la longitud de su circunferencia:

$$L = \pi \cdot D = 3{,}1416 \cdot 634{,}5 = 1993{,}34 \text{ mm} = 1{,}993 \text{ m}$$

Con la longitud de la circunferencia de la rueda, calcula las vueltas que realizan los neumáticos en 500 metros:

$$\text{Vueltas de la rueda} = \frac{\text{número de vueltas}}{L} = \frac{500}{1{,}993} = 250{,}87 \text{ vueltas}$$

2 >> Parte metálica de la rueda: la llanta y el disco

La llanta es la parte metálica de la rueda que, mediante un perfil adecuado, soporta el neumático y permite la unión de la rueda al buje del vehículo. La llanta está formada por el disco y la llanta propiamente dicha.

En el mercado existen numerosos tipos de llantas:

– De radios en bicicletas, motocicletas y coches clásicos.
– De chapa plegada de acero para motocicletas, turismos, 4 × 4, camiones y vehículos agrícolas.
– De aleación ligera de aluminio, magnesio, etc. en turismos, 4 × 4, camiones y vehículos de competición.
– Llantas *trilex, tubeless* o *unilex.*
– Monoblock de una pieza para camiones y vehículos industriales.

13.4. Llanta metálica de turismo.

2.1 > Partes de la llanta

La llanta de una rueda se divide en tres partes:

– El disco de rueda.
– El perfil de la llanta.
– La base de la llanta.

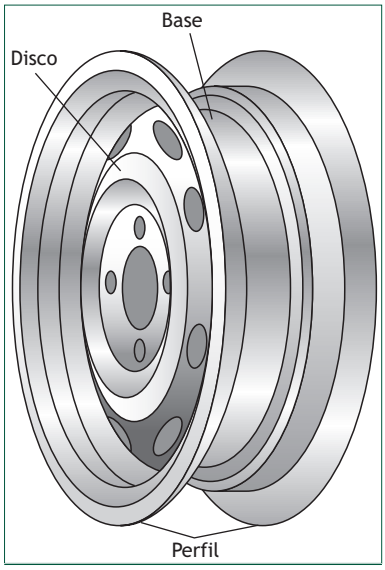
13.5. Rueda con llanta de radios de una motocicleta.

Disco de rueda

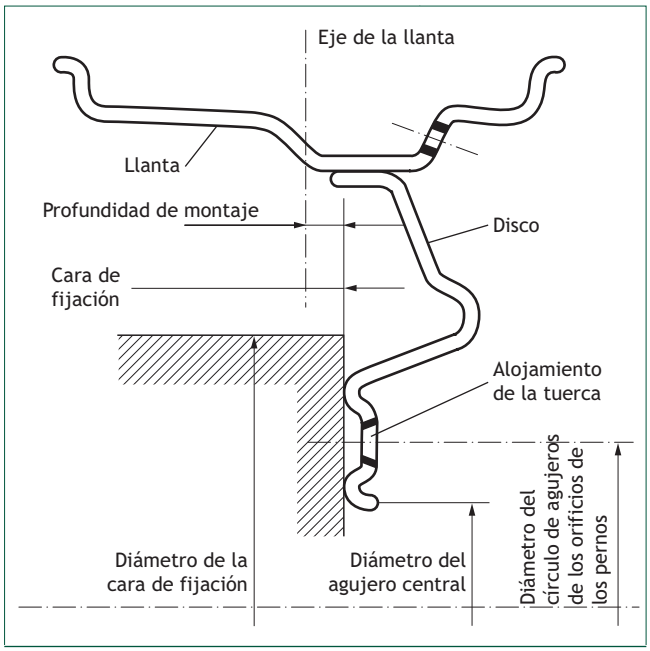
El disco de rueda es el encargado de hacer solidaria la llanta con el buje del vehículo.

Las principales partes del disco son:

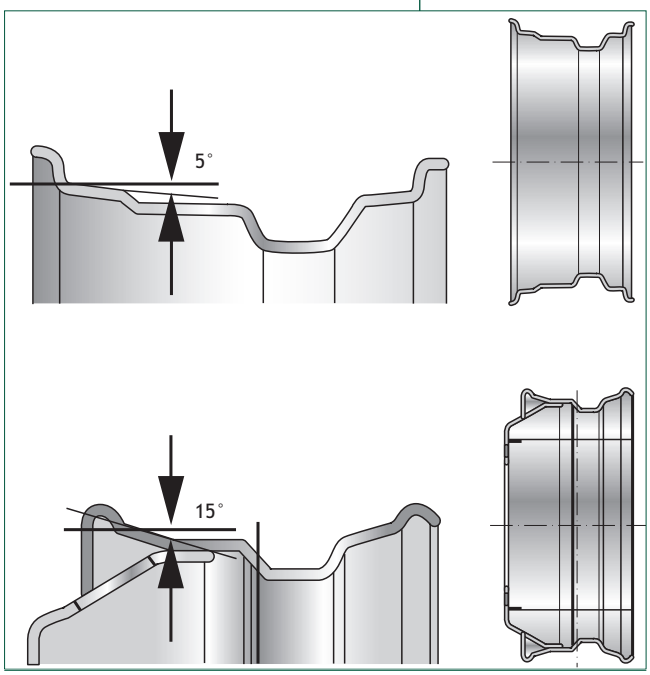
– **Superficie de apoyo.** Es la parte del disco que se apoya y acopla al buje de la rueda.
– **Agujeros de fijación.** Son unos agujeros practicados en el disco de rueda que permiten el paso de los tornillos o espárragos de fijación. Estos agujeros disponen de asiento cónico para el correcto centrado de la rueda. El número de agujeros depende del tipo de vehículo. Generalmente en turismos se utilizan discos de 3, 4 y 5 agujeros, en vehículos 4 × 4 de 5 y 6 agujeros, etc.
– **Diámetro de los agujeros de fijación.** Es el diámetro de la circunferencia que pasa por el centro de los agujeros de fijación del disco. Este diámetro depende del número de tornillos y del fabricante del vehículo. Por ejemplo, el diámetro característico de algunos modelos actuales es 100 mm, 4/100 mm ó 5/100 mm.
– **Agujero central.** Consiste en un orificio practicado en el centro del disco que sirve para apoyar la rueda y deja accesible el cubo del buje.
– **Bombeo.** Es la distancia entre la superficie de fijación o apoyo del buje y el plano longitudinal medio de la llanta. El bombeo de la llanta permite modificar la anchura de vías de un vehículo.
– **Orificio de la válvula.** Es un orificio practicado en el disco de la rueda que permite el montaje de la válvula. El diámetro de este orificio indica el tipo de válvula y su tamaño. Por ejemplo, una válvula TR-413 tiene 13 mm de diámetro.



13.6. Partes principales de la llanta.



13.7. Perfil de la llanta.



13.8. Llanta de base honda.

– **Ventanas del disco.** Son unos agujeros o ventanas practicados en el disco de rueda que ayudan a la refrigeración de esta evitando el efecto *fading* de los tambores y discos de frenos.

Perfil de la llanta

El perfil de la llanta es la sección transversal de esta.

Su forma se caracteriza por:

– La pestaña.
– El asiento para el talón de la cubierta.
– La base.
– El orificio de salida para la válvula.

Base de la llanta

La base de la llanta es una garganta o acanaladura realizada por su parte central que facilita el montaje y desmontaje de la cubierta.

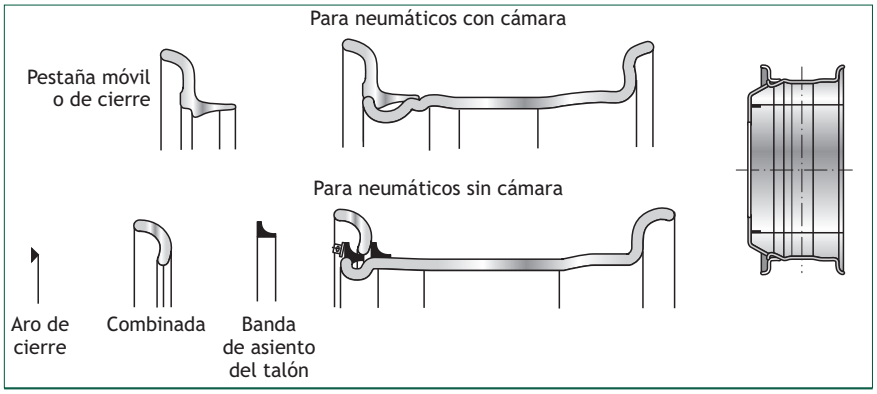
Según la base, las llantas puedes ser: de base honda y de base plana.

– Las llantas de base honda presentan una cierta inclinación desde la pestaña hasta la garganta, próxima a los 5°. Las llantas de base honda pueden ser:
  • Simétricas. El plano que la divide por la mitad es también de simetría.
  • Asimétricas. El plano que la divide por la mitad es diferente del de simetría.

  La llanta puede incorporar un resalte antidesllantado (HUMP). Este resalte va practicado en el asiento del talón e impide que este se salga de su posición. Las llantas pueden llevar hasta dos talones HUMP. En caso de no llevar ninguno solo podrá montarse un neumático con cámara.
– Las llantas de base plana, empleadas generalmente en vehículos industriales, se utilizan para neumáticos con alta relación altura/anchura. Están formadas por la llanta, la pestaña y el aro de cierre.
  Existen llantas de base plana para neumáticos con cámara y para neumáticos sin cámara. Estas últimas necesitan de un sistema de estanqueidad que impida que el aire se salga.

2.2 > Terminología de la llanta

Existe un sistema normalizado internacionalmente para la identificación de las llantas denominado ETRTO. Esta norma establece las dimensiones y tolerancias de las llantas y sus características.



13.10. Llantas de base plana.

Las cotas de las llantas se indican normalmente en pulgadas, aunque también existen milimétricas.

Por ejemplo, una llanta marcada con la inscripción 6 ½ J x 16 H ET26 significa que:

– **Anchura:** 6 ½. Es la cota del perfil de la llanta comprendida entre la parte interior de las pestañas. Se indica en pulgadas. Por ejemplo, 6 ½" = 6,5 pulgadas.

$$6\,½" = 6{,}5" \times 25{,}4 \text{ mm} = 165{,}1 \text{ mm}$$

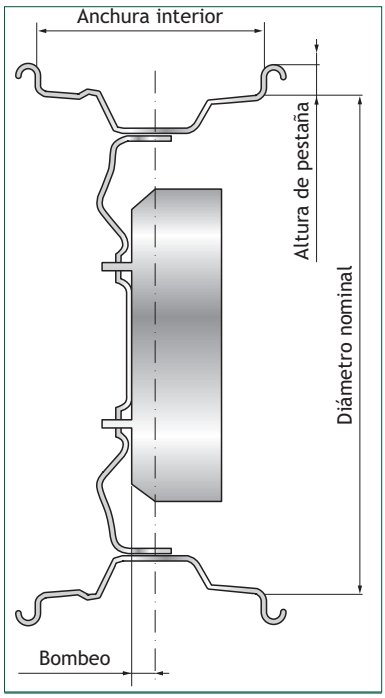
– **Diámetro nominal:** 16. Es el diámetro de la llanta medido sobre el asiento del talón en la parte más próxima a la pestaña. Se indica en pulgadas. Por ejemplo,

$$16 = 16" = 16 \times 25{,}4 \text{ mm} = 406{,}4 \text{ mm}$$

– **Forma y altura de la pestaña:** J. Esta designación indica la forma y la altura máxima de la pestaña medida desde el punto más próximo del asiento del talón. Se mide en mm, pero su valor se indica mediante una letra.
– **Forma del resalte antidesllantado:** se indica con la letra H (HUMP). Puede llevar una, dos o no llevar ninguna.
– **Bombeo:** Se indica con la inscripción ET y un número. En este caso, ET26 quiere decir 26 mm de bombeo positivo.
– **Número de agujeros y distancia:** 5/112. El primer número indica el número de agujeros de fijación y el 112 indica el diámetro en milímetros de la circunferencia que pasa por el centro de todos los agujeros.

13.12. Diseño de una llanta de aluminio y terminología.

13.9. Juego de llantas de camión.



13.11. Dimensiones de la llanta.

13.13. Expositor de neumáticos.

3 >> El neumático

En la actualidad, el grado de perfeccionamiento de los neumáticos y de los automóviles es muy elevado, pero no siempre ha sido así.

> **El neumático está concebido para ser el único punto de contacto del vehículo con la calzada garantizando algunas funciones como aguantar la carga, guiar el vehículo, amortiguar las pequeñas oscilaciones, transmitir los esfuerzos de rodadura, de aceleración y frenada, etc.**

El neumático es un producto compuesto formado por una carcasa de lonas de nylon, acero, etc. en disposición diagonal o radial, recubierta de goma y compuestos de caucho vulcanizado, que le confieren características de agarre, duración, resistencia, etc.

La siguiente tabla resume los materiales de los que está compuesto el neumático:

Materiales que componen un neumático	
Carcasa	Tejido en rayón, nylon o poliéster
Flanco y banda de rodadura	Caucho natural o sintético Sustancias de vulcanización y protección contra el envejecimiento
Talones	Goma dura Hilos de acero
Revestimiento interior	Mezcla de goma a base de caucho sintético (butilo)
Cintura	Acero, rayón, nylon, kevlar, etc.

3.1 > Partes del neumático

La carcasa

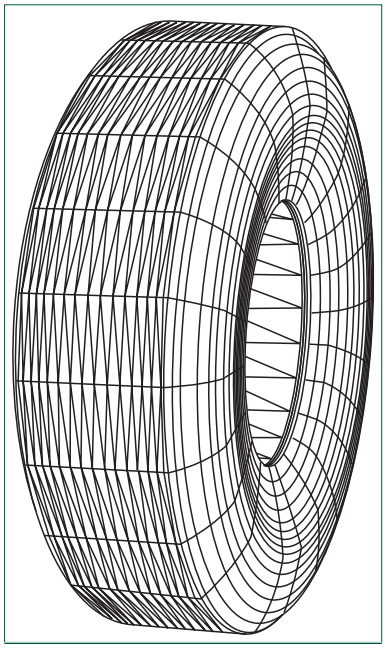
> **La carcasa constituye la estructura del neumático y está compuesta por el calandraje, la carcasa propiamente dicha y las lonas de cima o cintura.**

Una capa estanca al aire de caucho sintético denominada calandraje o *liner* se encuentra en el interior del neumático y sirve de cámara de aire.

La carcasa está compuesta por cables delgados de fibras textiles dispuestos en ángulos rectos y pegados al caucho. Los cables son los elementos clave en la estructura del neumático y gracias a ellos resiste la presión del aire. En una lona de neumático de un automóvil existen unos 1 400 cables y cada uno de ellos puede resistir una fuerza aproximada de 15 kg.

Las lonas de cima van dispuestas en forma diagonal o en forma radial. Estas lonas están fabricadas con diferentes tejidos a base de cables delgados pegados. El cruce de los hilos con los de la carcasa forma triángulos indeformables que garantizan la rigidez de la cima.

De la configuración de la carcasa dependerán las características que adquiera el neumático y sus dimensiones. Por ello la carcasa es el componente más importante del neumático.



13.14. Carcasa de una rueda.

La carcasa en neumáticos de camión e industriales puede servir para formar varios neumáticos, es decir, la carcasa de una cubierta nueva, después de haber rodado y haber desgastado la banda de rodadura sin tener ningún deterioro en la misma, puede ser recauchutada con una nueva banda para ser reutilizada.

La banda de rodadura

La banda de rodadura es la parte de contacto con el terreno. Está formada por una gruesa faja de goma aplicada al perímetro de la cubierta por encima de las lonas de cima. Se compone por la banda de rodadura, la escultura y los indicadores de desgaste.

La banda de rodadura tiene un dibujo que asegura el contacto con la carretera. En la zona de contacto con el suelo, la banda de rodamiento tiene que poder resistir a esfuerzos muy importantes. La adherencia a la superficie, la resistencia al desgaste, a la abrasión y al calentamiento dependen de la mezcla de goma con que esté fabricada la banda.

Talón

El talón es la parte de la cubierta en contacto con la llanta. Está formado por la punta de talón y el aro del talón.

El aro sirve para que el neumático se ajuste a la llanta. Este puede soportar hasta 1 800 kg sin riesgo de rotura.

Los flancos

Los flancos son de goma flexible y protegen el neumático de los choques que podrían dañar la carcasa como, por ejemplo, los choques contra aceras y bordillos.

Una goma dura garantiza la unión entre el neumático y la llanta.

3.2 > Características dimensionales y marcaje del neumático

El tamaño de un neumático depende en gran medida del tipo de vehículo que lo calza. Antiguamente, en los turismos de gama media, se utilizaban neumáticos con perfiles relativamente altos (65-70 en diámetros de llanta de 13, 14 ó 15 pulgadas y con anchuras de entre 175 y 195 mm). En aquellos neumáticos primaba la confortabilidad.

En la actualidad, el diseño del neumático es una parte muy importante a la hora de montarlo. Con el desarrollo y la evolución de los vehículos, cada día se tiende a montar neumáticos con perfiles más bajos, como 40-45, y diámetros de llantas mayores, de 17-18 pulgadas y con anchuras de entre 205 y 215 cm. Estos neumáticos son estéticamente más llamativos y hacen el vehículo más estable.

Profundidad de la banda de rodadura

En un turismo, la profundidad mínima del dibujo de la banda de rodadura es 1,6 mm.

Esta medida debe realizarse en varios puntos de la banda mediante un comprobador de profundidad.

13.15. Profundidad de la banda de rodadura.

13.16. Partes de un neumático.

Marcaje del neumático

Las dimensiones de un neumático van inscritas en su flanco y están normalizadas. Por ejemplo, el neumático de la figura 13.17 aparece marcado con la inscripción “195/65R15 91H” que significa lo siguiente:

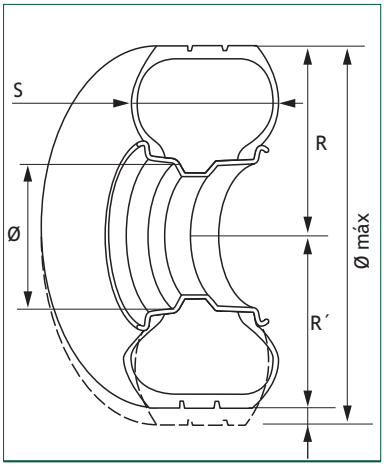
13.17. Marcaje del neumático. Fuente: Michelin.

- “195” indica la anchura nominal, que es la anchura de la sección del neumático en milímetros.
- “65” indica la serie del neumático o relación transversal H/B, que se corresponde con la altura del perfil. Este número es un porcentaje entre la altura y la anchura del neumático, es decir, un perfil 100 tendría la misma anchura que altura. En los modelos deportivos la relación transversal desciende considerablemente y puede llegar a 35.
- “R” indica la estructura de la carcasa, en este caso radial.
- “15” indica el diámetro nominal, que es la distancia entre los asientos de los talones de la llanta medido en pulgadas. En los neumáticos milimétricos se mide en milímetros.
- “91” indica el índice de carga.
- “H” indica el código de velocidad.

Código de velocidad

El código de velocidad indica la velocidad máxima a la que es aconsejada llevar un vehículo montado con este neumático.

Esto no significa que el vehículo no pueda alcanzar dicha velocidad o sobrepasarla sino que la carcasa de la cubierta está fabricada de tal manera que puede garantizar el funcionamiento del vehículo hasta la velocidad indicada por el fabricante, sin deformarse ni deteriorarse.



13.18. Principales cotas del neumático.

Para indicar el código de velocidad, el neumático va marcado por una letra mayúscula (V, H, T, etc.) y está relacionado directamente con la estructura de la carcasa y la composición de la misma.

Por ejemplo, un vehículo cuyo índice de velocidad marcado por el fabricante sea T hasta 190, y en cuya ficha técnica venga marcada dicha inscripción, no podrá montar un neumático con un índice de velocidad inferior, por ejemplo, un S hasta 180.

Existen casos en los que el fabricante indica el código de velocidad en la ficha técnica pudiendo ser diferente para neumáticos de verano y neumáticos de invierno.

Por ejemplo, un modelo puede estar homologado con un neumático 205/60 VR 15 para ruedas de verano y 195/65 HR 15 M+S para ruedas de invierno.

Si en el montaje del neumático nuevo se opta por montar un neumático con un código inferior de velocidad, este podrá deteriorarse si se somete a velocidades superiores para las que está indicado.

La Inspección Técnica de Vehículos podrá considerar no apto un vehículo cuyo código de velocidad del neumático no venga especificado en la ficha técnica del mismo o sea inferior que el prescrito por el fabricante.

13.19. Índice de carga 91 y código de velocidad Y.

Índice de carga

El índice de carga indica la capacidad de carga máxima para la que está fabricado un neumático.

El índice de carga depende de las lonas de la carcasa del neumático, de su material y su disposición. Viene expresado con uno o dos números.

Por ejemplo, una rueda de turismo marcada con el índice 93 indica que es capaz de aguantar 650 kg, de tal manera que si el vehículo dispone de 4 ruedas podrá soportar hasta 2 600 kg.

El índice de carga también se puede identificar como MAX LOAD. Indica la máxima carga en libras LBS y la presión máxima en frío en PSI.

Índice de carga de los neumáticos

Índice de carga	Carga por neumático (kg)	Índice de carga	Carga por neumático (kg)	Índice de carga	Carga por neumático (kg)	Índice de carga	Carga por neumático (kg)	Índice de carga	Carga por neumático (kg)
62	265	75	387	88	560	101	825	114	1 180
63	272	76	400	89	580	102	850	115	1 215
64	280	77	412	90	600	103	875	116	1 250
65	290	78	425	91	615	104	900	117	1 285
66	300	79	437	92	630	105	925	118	1 320
67	307	80	450	93	650	106	950	119	1 360
68	315	81	462	94	670	107	975	120	1 400
69	325	82	475	95	690	108	1 000	121	1 450
70	335	83	487	96	710	109	1 030	122	1 500
71	345	84	500	97	730	110	1 060	123	1 550
72	355	85	515	98	750	111	1 090	124	1 600
73	365	86	530	99	775	112	1 120	125	1 650
74	375	87	545	100	800	113	1 150	126	1 700

Fecha de fabricación

La fecha de fabricación de un neumático va marcada por las letras DOT, abreviatura de *Departament of Transportation*, seguidas de números. Estos indican la fecha de fabricación del neumático.

Si el marcaje dispone de tres números indica que está fabricado en la década de los 80; si a estos tres números se les añade un triángulo en la parte final (◀) indica que está fabricado en la década de los 90 y si, en lugar de la flecha, está marcado con cuatro números,

13.20. Fecha de fabricación del neumático.

indica que es del 2 000 en adelante. La cifra final indica el año y los dos números del inicio la semana.

Por ejemplo, las marcas de la figura 13.20, cuyo DOT es EW FM A10X 2703, indican que el neumático está fabricado en la semana 27 del año 2003. El resto de letras indica:

– **EW:** código de la planta de fabricación.
– **FM**: código dimensional.
– **A10X:** código opcional.

13.21. Neumático tipo *tubeless*.

Tubeless o *tube type*

La inscripción *tubeless* o *tube type* indica si el neumático debe llevar cámara o no.

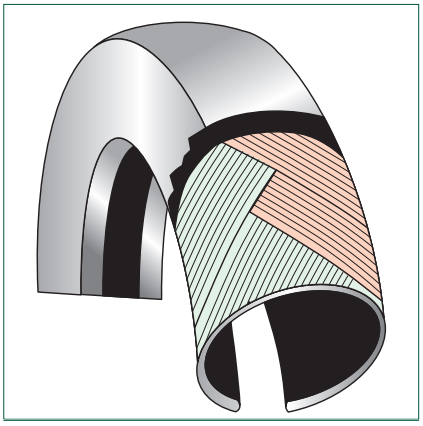
Los neumáticos *tube type* necesitan del montaje de una cámara de aire para alojar este en su interior. Sin embargo, los neumáticos *tubeless* sustituyen la cámara por una válvula que se monta en el orificio practicado en la llanta.

Made in

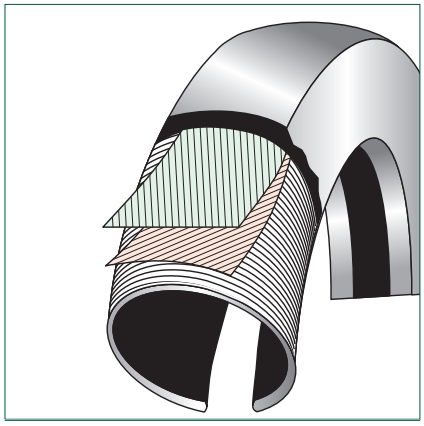
Este marcaje indica el país de fabricación del neumático.

Radial o diagonal

Indica que la estructura de la cubierta es radial o diagonal. En la actualidad ya no se montan ruedas diagonales salvo en algunos vehículos agrícolas por su coste menor. El neumático radial ofrece menor deformación de la superficie de contacto con el suelo o «huella», y reduce la fricción.



13.22. Estructura de carcasa diagonal.



13.23. Estructura de carcasa radial.

Plies

La inscripción ***plies*** indica la composición de la carcasa tanto en lo referente al material como al número de telas. Por ejemplo, en una cubierta con marcaje *Tread 2 Nylon 2 Stell* la cintura está formada por 2 capas de hilos de nylon y 2 capas de cables de acero.

En algunos neumáticos además se indica el número de lonas para indicar una resistencia relativa de la carcasa: *Ply Rating:* PR2, PR4, PR6, PR8, PR10, PR12, PR14, etc.

El marcaje PR actualmente es un medio de identificar versiones diferentes de neumáticos de igual designación comercial pero con condiciones de funcionamiento carga/presión diferentes.

El muñequito (Michelin), el trw (Pirelli), etc.

Estos símbolos muestran la posición de las bandas transversales de los indicadores de desgaste.

Reinforced

Indica la robustez de la cubierta para ser utilizada por vehículos con usos específicos.

M + S (Mud and snow)

Los neumáticos con esta inscripción tienen cubiertas con banda de rodadura de diseño especial para marcha sobre barro y nieve.

Treadwear, traction, temperature

Estos marcajes indican las condiciones de utilización del neumático.

DA

Este marcaje se utiliza en neumáticos de camión e indica que el neumático tiene un pequeño defecto, a veces inapreciable.

El neumático tiene una garantía como si de uno convencional se tratara pero su precio de venta es menor. Este neumático puede ser recauchutado. También se indica con una línea amarilla dibujada en el mismo.

13.24. Neumático de camión DA.

Reesculturable

Los neumáticos de camión pueden ser rayados para aprovechar su vida útil. Si el neumático lleva la inscripción *Reesculturable* indica que el neumático puede ser rayado.

Regroobable

Este marcaje indica que el neumático puede ser recauchutado. Generalmente se utiliza para neumáticos de vehículos industriales y camiones.

REMI X

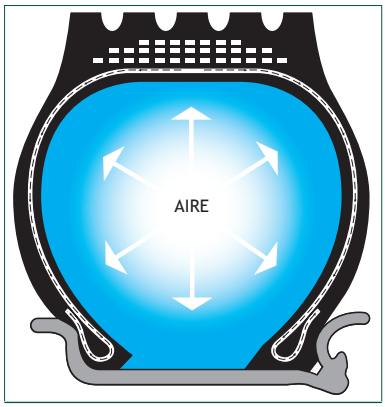
Indica que la cubierta está recauchutada por el fabricante Michelin. Solamente se usa en neumáticos de camión e industriales.

13.25. Neumático recauchutado.

Sentido de montaje de los neumáticos

El sentido de montaje del neumático viene determinado por el dibujo y por la carcasa. La mayoría de los neumáticos del mercado permiten su montaje por ambos lados, aunque existen modelos que no lo permiten.

13.26. Neumático asimétrico.



13.27. Presión de aire en la rueda.

13.28. Cámara de turismo.

Montaje de neumáticos nuevos

Se recomienda que en un vehículo nuevo, ya sea de tracción o propulsión, cuando se le sustituyan dos neumáticos, estos se monten en el eje trasero para conseguir mayor estabilidad en situaciones comprometidas, frenadas en curvas, suelos deslizantes, etc.

Según el sentido de montaje, los neumáticos pueden ser:

– Neumáticos con dibujo simétrico. En estos neumáticos se aconseja montar siempre el montaje DOT en el lado exterior de la rueda.
– Neumáticos con dibujo asimétrico. La banda de rodadura se caracteriza por tener dibujo diferente en un lado y otro. En estos neumáticos se debe montar siempre el flanco con el marcaje «lado exterior» mirando hacia la parte exterior de la rueda.
– Neumáticos con sentido de rodaje. Estos neumáticos, por sus características de diseño del dibujo, solo permiten un sentido de giro. Las flechas y los marcajes en los flancos indican el sentido de montaje del neumático en la rueda.

3.3 > Uso de cámara o uso de válvula

El neumático junto con la llanta debe formar un sistema estanco que impida la salida del aire del interior cuando está montada la rueda.

Antiguamente, para este cometido se montaba una bolsa de aire fabricada en caucho butilo denominada cámara. A esta cámara se le vulcanizaba una válvula que permitía el llenado y vaciado del aire de esta.

Este sistema tenía ventajas pero también grandes inconvenientes. El principal es que si se pinchaba la rueda con un clavo esta perdía el aire rápidamente y se generaba una situación peligrosa durante la conducción.

Para solucionar esto, se inventó el neumático *tubeless*. Este neumático sin cámara va provisto de una cámara estanca de butilo adherida a él que, en caso de pinchazo, se desinfla lentamente. El neumático *tubeless* cierra en una llanta perfectamente mecanizada que hace una unión estanca. Para llenar y vaciar la rueda de aire, el conjunto utiliza una válvula provista de un obús y un tapón alojada a presión en un agujero practicado en la llanta.

La cámara de aire

La cámara de aire para neumáticos *tube type* lleva impresa la medida del neumático recomendado. En motos, turismos y 4 × 4 las cámaras están provistas de una válvula diseñada para acoplarse a la llanta en que debe ser montada.

En vehículos industriales y camiones las cámaras pueden ser de dos tipos:

– Cámaras en las que la válvula se debe vulcanizar manualmente.
– Cámaras en las que la válvula va a rosca.

En las ruedas de vehículos industriales con cámara se usa un protector de goma denominado ***flap*** para evitar el rozamiento entre la cámara y la llanta.

La válvula

La válvula garantiza la entrada y salida del aire sin pérdida de presión. La válvula está formada por el cuerpo de válvula, fabricado de caucho y metal, el obús y el tapón. La unión de estos tres elementos garantiza la estanqueidad del aire en el interior de la rueda.

La válvula es uno de los elementos más importantes del conjunto. Siempre que se realice una sustitución de un neumático se debe poner una nueva.

Existen diferentes tipos de válvulas:

– Válvulas de goma para llantas de chapa y aluminio. Por ejemplo, las válvulas TR 413, 414, 418.
– Válvulas metálicas para llantas de aluminio de turismos y camiones.
– Válvulas metálicas con rosca para cámara desmontables.

13.29. Válvula TR 413.

13.30. Montaje de la válvula.

Práctica 9

Práctica 10

Técnica

Proceso de desmontaje y montaje de un neumático tubeless

•• Antes de empezar la operación se deben tener las siguientes precauciones:

- El circuito de aire comprimido del taller debe estar limitado a 4 ó 5 bar y los manómetros deben estar perfectamente calibrados.
- Se deben seguir las recomendaciones de la norma ETRTO.

1. Operación de desmontaje

- Desinflar el neumático quitando el interior de la válvula u obús.
- Colocar la rueda contra el despegatalones de la máquina con la válvula mirando hacia el exterior.
- Despegar el talón del lado exterior con ayuda de la máquina haciendo saltar el talón HUMP. Lubricar con pasta para el desmontaje el talón despegado y la pestaña de la llanta. Repetir este mismo proceso en el otro lado del conjunto.
- Colocar la rueda en la mesa de la desmontadora con la parte exterior hacia arriba y con la válvula mirando hacia las 12:00 h.
- Aproximar el brazo de desmontaje a la llanta a una distancia de 20 cm aproximadamente de la válvula. Cuando con el desmontable se haya saltado la pestaña de la garra desmontadora, iniciar la rotación de la rueda en sentido de las agujas del reloj.
- Girar la rueda hasta que el neumático haya salido de su parte exterior. En este momento, levantar el neumático hacia arriba y repetir la operación con el lado interior del neumático.
- Extraer el talón del lado exterior según el modo de operación y los útiles aconsejados por el fabricante de la máquina. Por último, repetir la operación con el talón del lado interior y se sacar el neumático, retirar la válvula y limpiar la llanta.

»

13.31. Desmontaje del neumático.

13.32. Desmontaje del talón.

13.33. Extracción del talón de la llanta.

2. Operación de montaje

- Colocar la llanta en el plato de la máquina con el lado exterior hacia arriba. Colocar el orificio de la válvula aproximadamente hacia la 1:00 h.
- Poner siempre una válvula nueva. Si es de goma, lubricar la parte cónica y tirar con el útil adecuado.
- Lubricar la llanta en toda su anchura y los dos talones de la cubierta por ambos lados. Controlar y respetar el sentido de montaje o de rodaje de la cubierta. Si no existe sentido de rotación, se pone el DOT como norma general o fecha de fabricación hacia el lado exterior del vehículo.
- Posicionar el neumático inclinándolo en el borde de la llanta, colocar el brazo de desmontaje y la garra en la posición adecuada y proceder al montaje haciendo girar el plato de la máquina en sentido de las agujas del reloj.

13.34. Aplicación de la pasta de montaje.

13.35. Colocación del neumático.

13.36. Montaje del neumático con ayuda del desmontable.

3. Operación de inflado del neumático

- Retirar el obús de la nueva válvula para un inflado correcto.
- Iniciar el inflado y verificar el centrado correcto de los talones con respecto al borde de llanta. Si los talones están mal centrados, desinflar y repetir la operación.
- Inflar la rueda hasta una presión aproximada de 3,5 bar (50 PSI) para obtener un correcto posicionamiento de los talones. Tras esto, colocar el obús y ajustar la presión siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Colocar el tapón de válvula para asegurar la estanquidad completa.

13.37. Inflado del neumático.

4 >> Equilibrado y optimizado de ruedas

El desequilibrio del neumático es el resultado de un desigual reparto de las fuerzas centrífugas originadas al girar la rueda cuando esta no tiene su masa uniformemente repartida.

Las consecuencias de un desequilibrio en las ruedas son vibraciones en el volante, en el suelo, en el salpicadero o en los asientos, que son percibidas por el conductor y los ocupantes.

El desequilibrio de la rueda puede ser causado por:

– Una distribución de las masas no uniforme respecto del eje de rotación.
– Un desequilibrio entre los elementos que constituyen la llanta y cubierta.
– Un descentrado lateral, radial o excéntrico de la rueda por deformaciones de la llanta o por reparaciones defectuosas del neumático.

El desequilibrado puede ser estático, dinámico o ambos a la vez.

Desequilibrado estático

El desequilibrado estático de una rueda es producido por una distribución desigual de las masas en relación al eje de rotación de la rueda.

El exceso o falta de peso se considera concentrado en un punto del plano medio de la rueda, perpendicular al eje de rotación, vista de perfil.

El desequilibrado estático puede ser producido por un desgaste irregular de la cubierta o por rotura o fatiga de piezas vinculadas a la rueda.

Desequilibrado dinámico

El desequilibrado dinámico de una rueda es producido por una distribución desigual de las masas en relación al eje vertical de la rueda en dos puntos asimétricos respecto a este eje.

El desequilibrado dinámico provoca movimientos basculantes de la rueda a izquierda y derecha y a su vez provoca vibración del volante de la dirección.

Un desequilibrado dinámico provoca un rápido desgaste irregular de la cubierta en bordes y la fatiga de piezas como rodamientos, elementos de la suspensión y dirección.

Shimy

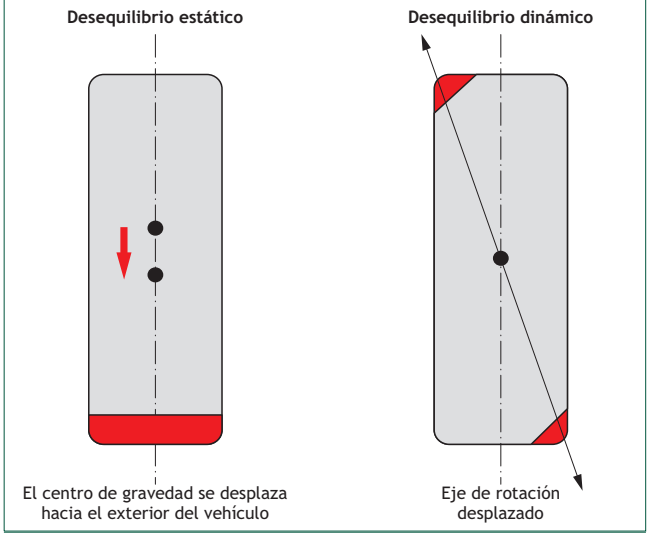
El shimy consiste en un conjunto de movimientos oscilatorios mantenidos por las ruedas del vehículo.

Su origen radica en las oscilaciones de la rueda respecto del eje del montante de mangueta y oscilaciones verticales de las ruedas transmitidas por las suspensiones.

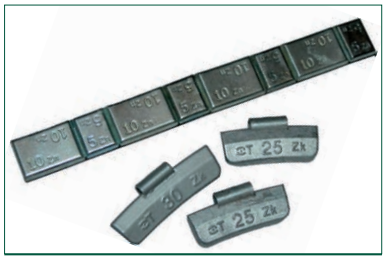
13.38. Equilibradora de ruedas de turismo.

Causas que provocan el shimy

- Desequilibrios de las ruedas.
- Montaje incorrecto de los neumáticos.
- Presión de inflado insuficiente.
- Ángulos de avance o caída excesivos.
- Pesos excesivos en partes no suspendibles.
- Anomalías en elementos de la suspensión como muelles o amortiguadores.
- Incompatibilidad entre los sistemas de suspensión y dirección.



13.39. Tipos de desequilibrios.



13.40. Contrapesas de cinc para el equilibrado de ruedas.

4.1 > Equilibrado de una rueda

El equilibrado es una operación que se realiza cuando se sustituyen los neumáticos viejos por unos nuevos, cuando se desmonta el neumático de la llanta o cuando se notan vibraciones en el vehículo provocadas por las ruedas.

Se aconseja equilibrar, una vez pasados 1 000 km desde su montaje, los neumáticos nuevos ya que así el conjunto rueda-neumático estará completamente acoplado.

Técnica

Equilibrado de las ruedas

•• El equilibrado se realiza con una máquina convencional siguiendo los siguientes pasos:

- Limpiar la rueda de restos de barro o contrapesas viejas antes de comenzar la operación.
- Situar la rueda en la máquina de equilibrado ajustándola sobre su eje a través del cono o con el plato centrador.
- Tomar las medidas de la rueda, incluida la distancia de la máquina al borde interior de la llanta. Por ejemplo, 6 × 15 indica que la llanta tiene 6" de ancho y 15" de diámetro.
- Girar la rueda en la máquina hasta que esta indique las diferencias de peso existentes. Una vez conocido el desequilibrio, se pondrán las contrapesas en el lugar donde nos indique la máquina y con el gramaje adecuado.

Antiguamente se utilizaban contrapesas de plomo para el equilibrado, pero debido a su alta contaminación actualmente se utilizan contrapesas de cinc.

13.41. Equilibrado con máquina convencional.

13.42. Equilibradora con optimizado automático.

4.2 > Optimizado de las ruedas

El optimizado consiste en el giro de 90 ó 180° del neumático con respecto a su posición primaria en la llanta.

Una rueda debe ser optimizada cuando en su equilibrado se obtiene excesivo gramaje o peso.

En ruedas de turismo, en valores superiores a 50 g.

Con el optimizado se consigue compensar las diferencias de peso, de manera que se puede conseguir llegar a un ajuste menor de desequilibrio del conjunto.

Existen máquinas que no solo calculan equilibrado de la rueda, sino que realizan un cálculo de posición para el optimizado del conjunto llanta-neumático.

Técnica

Inflado de una rueda

- Retirar el obús de la nueva válvula para un correcto inflado.
- Iniciar el inflado y verificar el centrado correcto de los talones con respecto al borde de llanta. Si los talones están mal centrados, desinflar y repetir la operación.
- Inflar la rueda hasta una presión aproximada de 3,5 bar (50 PSI) para obtener un correcto posicionamiento de los talones. Tras esto, colocar el obús y ajustar la presión siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Colocar el tapón de la válvula para asegurar la estanqueidad completa.

La siguiente tabla muestra el apriete de ruedas según el diámetro del perno o tornillo:

Ø de pernos o tornillos	Llanta de chapa	Llanta de aleación
12 mm	80 Nm	100 Nm
14 mm	100 Nm	120 Nm
16 mm	140 Nm	160 Nm

13.43. Elevación del vehículo.

Práctica 11

Actividades propuestas

1·· Enumera las principales dimensiones de una rueda.

2·· ¿Qué es la válvula de una rueda? ¿Cuáles son sus partes principales?

3·· ¿A qué se denomina talón HUMP?

4·· ¿En qué consiste el código de velocidad de un neumático?

5·· ¿Cómo se designa la fecha de fabricación de un neumático?

6·· Anota en una tabla como la siguiente las presiones y la profundidad del dibujo de las ruedas de un vehículo.

Rueda	Montaje	Presión	Presión recomendada fabricante	Profundidad dibujo
Delantera	Izquierda			
	Derecha			
Trasera	Izquierda			
	Derecha			
Repuesto				

5 >> Tipos de neumáticos según el vehículo

En el mercado existen diferentes tipos de neumáticos en función del vehículo en el que van montados y el uso al que se destinan. Las principales diferencias las podemos encontrar en el tamaño, el dibujo, la carcasa, el tipo de goma, etc.

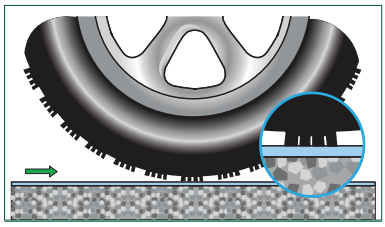
13.44. Neumáticos de motocicleta y turismo.

5.1 > Neumáticos de motocicletas, turismos y 4 x 4

Los neumáticos de motocicletas, turismos y 4 × 4 están diseñados para el funcionamiento cotidiano del vehículo. Sus dibujos están estudiados para garantizar el agarre del vehículo sobre cualquier tipo de calzada.

En turismos y 4 × 4, los neumáticos resisten esfuerzos de tracción y frenado generados por el vehículo permitiendo recorrer a su vez largas distancias.

Dentro de este tipo de neumáticos se encuentran los neumáticos mixtos, de invierno, para fuera de carretera, los destinados a carga, etc.



13.45. Multilaminillas.

13.46. Vehículo 4 × 4 con neumáticos de competición.

5.2 > Neumático de competición

Los neumáticos de competición son neumáticos especiales destinados a las competiciones automovilísticas. Se caracterizan por sus altas prestaciones sobre el tipo de terreno para el que están destinados.

Estos neumáticos se realizan para todo tipo de vehículos: bicicletas, motocicletas, turismos, 4 × 4 y camiones. Su uso queda limitado exclusivamente para competición (marcaje que se encuentra en el neumático).

De una manera informal los podemos clasificar en:

– Neumáticos *slick* para asfalto sin lluvia. Pueden ser blandos, mixtos y duros.
– Neumáticos de lluvia. Llevan un dibujo direccional que permite evacuar gran cantidad de agua.
– Neumáticos para nieve. Pueden ser de multilaminillas o tacos para nieve blanda, o de clavos para nieve dura y hielo.
– Neumáticos de tacos juntos. Para superficies de tierra blanda o dura.
– Neumáticos de tacos separados. Para superficies con barro.

En el neumático de competición no es tan importante su duración o su rendimiento kilométrico, sino el agarre.

13.47. Neumáticos de competición.

5.3 > Neumático agrícola

El neumático agrícola está destinado para vehículos que desempeñan trabajos en el campo. Estos neumáticos se fabrican para ofrecen una gran superficie de apoyo en tierra y a su vez gran agarre.

Los neumáticos agrícolas se pueden clasificar según su dibujo en:

– Neumáticos con líneas paralelas. Destinados a ser montados en vehículos agrícolas con una sola tracción, montándose en la dirección. La misión principal de este neumático es guiar el vehículo.
– Neumáticos con dibujos de taco en forma de espiga (figura 13.48). Ofrecen gran tracción en suelos agrícolas. El dibujo está formado por tacos con forma de espiga de gran tamaño y con amplia separación entre ellos.

13.48. Neumático agrícola con tacos en forma de espiga.

Los neumáticos agrícolas pueden ser diagonales o radiales. Los radiales ofrecen mejores características que los diagonales, buena tracción, larga duración y mayor índice de carga, sobre todo si se utilizan en tractores con pala.

Antiguamente, el neumático agrícola necesitaba en su montaje una cámara para alojar el aire. Actualmente, los neumáticos agrícolas son *tubeless* y con ayuda de una válvula se hace estanca la rueda. Un talón con una configuración distinta se adapta perfectamente a la llanta impidiendo la pérdida de aire y el llenado de agua en el interior de la rueda.

Aproximadamente, una rueda agrícola de tamaño medio lleva en su interior 150 litros de agua. El agua cumple la función de asegurar una buena tracción y agarre sobre todo en zonas donde existe poca adherencia, aumentando la superficie de pisada del neumático.

13.49. Neumáticos para vehículo agrícola.

Una de las averías frecuentes de las ruedas de los vehículos agrícolas es la rotura de la llanta en su unión con el disco, provisto de contrapesas. Esta rotura se ve acentuada con el uso del agua.

Si se efectúa una fisura en una llanta, habrá una pérdida de agua y aire por la misma y aparecerán restos de óxido.

La reparación del neumático agrícola y de su cámara es similar a la del neumático de turismo, siendo más común en este sector debido a una mayor garantía, menor velocidad del neumático y mayor rentabilidad de la reparación.

> **Una variante del neumático agrícola es el neumático forestal. Este dispone de un dibujo similar al agrícola en forma de espiga, pero difiere en el compuesto de goma, específico para trabajos duros, y sobre todo en la carcasa.**

Los neumáticos forestales disponen de carcasas reforzadas con lonas fabricadas por cables de acero y carcasas metálicas, que permiten una gran carga sobre todo tipo de terrenos: por ejemplo, troncos de árboles.

13.50. Neumático de camioneta.

5.4 > Neumático de camioneta, camión y vehículo industrial

Estos neumáticos se fabrican teniendo en cuenta que se montan en vehículos sometidos a grandes cargas y, en algunos casos, en vehículos que realizan grandes recorridos.

Los neumáticos de camioneta son similares a los neumáticos de turismo con la diferencia de que estos neumáticos están construidos con un mayor número de lonas en su carcasa y son más resistentes. Los dibujos de estos neumáticos difieren si son para dirección o tracción.

Los neumáticos de camión se fabrican teniendo en cuenta el destino del vehículo y su utilización. Por ejemplo, existen neumáticos para largos recorridos en carretera, para trabajos en canteras, para trabajos forestales, etc.

13.51. Neumático de camión con dibujo de dirección y con dibujo de tracción.

13.52. *Dumper* gigante.

13.53. Neumático industrial.

El neumático industrial tiene gran importancia en el sector de la construcción. Como neumático industrial podemos entender desde el neumático de una carretilla o torete, hasta el neumático de un *dumper* gigante, pasando por neumáticos de apisonadoras, etc.

Estos neumáticos son muy variados y están fabricados para su uso concreto, movimiento de tierras, apisonados de asfalto, obras, etc. Principalmente estos neumáticos se pueden diferenciar por su uso, número de lonas y disposición de las mismas, escultura de la banda de rodadura y por su medida. La importancia de este neumático reside en su duración y comportamiento frente a los distintos trabajos.

El neumático industrial puede ser con cámara *tube type* o *tubeless,* siendo este el que más se está imponiendo en la actualidad.

La reparación de estos neumáticos requiere una gran especialización y un equipo de herramientas adecuado a la misma.

Por ejemplo, en la sustitución de un neumático de un *dumper* gigante, además de gatos hidráulicos o neumáticos de gran tonelaje para levantar el vehículo, son necesarios un torete o grúa para mover el neumático, despegatalones hidráulicos o neumáticos, desmontables, etc.

6 >> Mantenimiento del neumático

Para el correcto mantenimiento de un vehículo es de vital importancia no descuidar el mantenimiento de las ruedas y en especial el de los neumáticos.

Las ruedas son elementos que integra el vehículo y que garantizan en todo momento un alto valor de seguridad. Por ello, a las ruedas se le deben realizar controles periódicos que permitan un mantenimiento constante.

Los neumáticos deben ser comprobados regularmente ya que pueden tener desgastes anormales, cortes, grietas, daños por choques, deformaciones y elementos extraños en la banda de rodadura y en los flancos. También se deben examinar en ellos las causas de anomalías en el rodaje, vibraciones, etc.

Durante la marcha, si se nota que hay pérdida de presión, es necesario parar el vehículo lo antes posible, ya que circular con baja presión provoca una degradación rápida del neumático. Tras esto, es necesario desmontar el neumático para localizar la pérdida de presión y para realizar un examen exhaustivo de los daños.

6.1 > Verificación de la presión

La presión de inflado es la presión del aire contenido en el interior del neumático y permite soportar las deformaciones a que está sometido bajo los efectos de la carga, velocidad, recorrido, etc.

Siempre se debe verificar la presión de los neumáticos en frío. Se entiende que en frío no se ha rodado o como máximo se han rodado 2 ó 3 kilómetros a velocidad reducida. Si se ha recorrido más distancia de la indicada la presión suele subir 0,3 bar.

Un tapón de válvula hermético es indispensable para asegurar una perfecta hermeticidad del conjunto neumático y proteger el interior de la válvula. Nunca se deben desinflar los neumáticos calientes.

Si la presión no es correcta con arreglo a la carga, el neumático se deforma, la banda de rodadura no se apoya correctamente sobre el suelo y es cuando aparecen los desgastes característicos.

Se recomienda verificar periódicamente las presiones de todas las ruedas, incluida la de repuesto, y siempre antes de emprender un largo viaje.

6.2 > Análisis del desgaste y deterioro del neumático

El análisis de la banda de rodadura y de las zonas de contacto con el suelo da una idea muy aproximada del estado del vehículo y de sus componentes.

Antes de realizar cualquier reparación o sustitución de algún elemento de la suspensión o de la dirección es conveniente analizar el neumático, su estado y su desgaste.

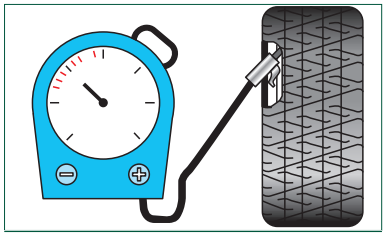
Un análisis visual y táctil puede indicar por ejemplo, si el vehículo sufre de unos amortiguadores defectuosos, una geometría de la dirección incorrecta o simplemente si el desgaste es producido por una conducción agresiva del conductor.

El neumático se puede comprobar de manera táctil, pasando la mano desde el exterior hacia el interior de la rueda y al contrario, y longitudinalmente por la banda de rodadura.

Profundidad mínima legal de un neumático

La profundidad mínima legal del dibujo de un neumático es de 1,6 mm en cualquier punto de la banda de rodamiento.

Práctica 12



13.54. Verificación de la presión.

Permutación de neumáticos

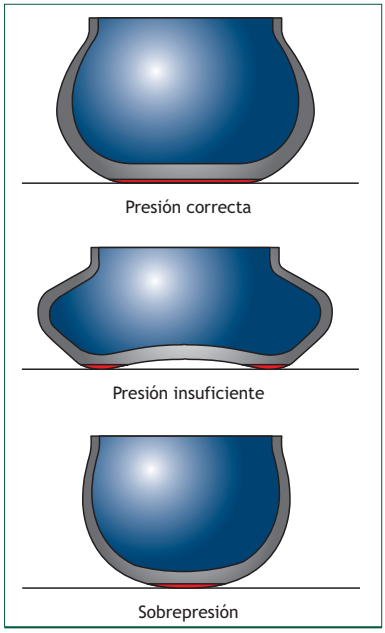
La permutación de los neumáticos permite prolongar la vida útil de estos. La permutación se realiza teniendo en cuenta que los neumáticos deben seguir el sentido de rodaje original. Se aconseja permutar las ruedas de delante a atrás y al revés a la mitad de su vida útil.

13.55. Desgaste por divergencia.

13.56. Desgaste exterior por caída positiva.

Efectos de una presión inadecuada

En un neumático, los efectos de una presión inadecuada se traducen en un desgaste anormal y prematuro de los neumáticos por un determinado lugar.



13.57. Efectos de una presión inadecuada.

Influencia de la geometría

Una geometría inadecuada produce un desgaste anormal en el neumático.

Un desgaste anormal rápido creciente de un exterior a otro se identifica por las estrías visibles en la banda de rodamiento y por las rebabas, más o menos pronunciadas, en las aristas de los tacos provocadas por un rodaje con arrastre transversal. Este desgaste puede ser causado por un paralelismo incorrecto entre los neumáticos delanteros o traseros, o un paralelismo incorrecto entre ejes.

Para solucionar el problema, se debe controlar y corregir el paralelismo y verificar los órganos de suspensión y de dirección.

Cuando el desgaste es de un borde a otro sin presencia de rebabas en las aristas es un desgaste lento, y puede ser provocado por caídas de presión excesivas, positiva o negativa, o flexión del eje provocada por sobrecarga. Este desgaste se puede corregir subsanando las anomalías mecánicas detectadas, evitando las sobrecargas y, si es posible, permutando los neumáticos dándoles la vuelta sobre la llanta.

Influencia de la suspensión

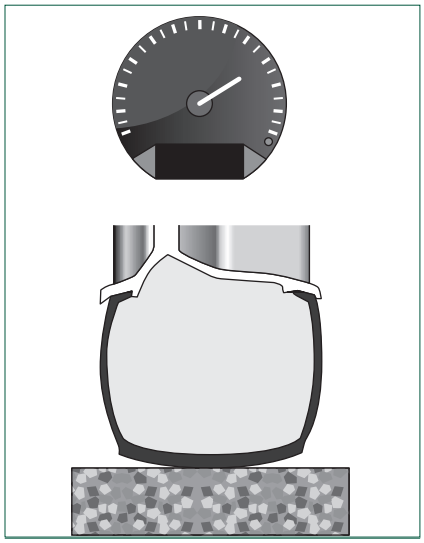
Una suspensión defectuosa o con un tarado inadecuado de dureza puede provocar desgastes irregulares oblicuos o en forma de olas. Esto se corrige permutando los neumáticos cada 10 000 km aproximadamente de delante a atrás, controlando la carga del vehículo y equilibrando y controlando las presiones de los neumáticos.

Influencia de la velocidad y la temperatura en el desgaste

En igualdad de condiciones de utilización, el desgaste de un neumático con temperaturas altas es mayor que con temperaturas moderadas.

El desgaste también se ve incrementado con velocidades altas: en línea recta a 120 km/h un neumático se gasta el doble que a 70 km/h.

13.58. Defectos provocados por la suspensión.



13.59. Influencia de la velocidad en el desgaste.

Influencia de la presión en el desgaste

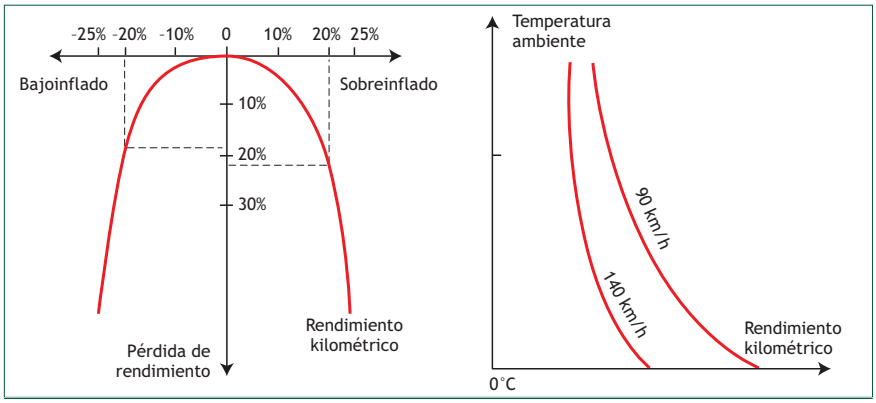
Una presión inadecuada produce un desgaste excesivo en el neumático. Una presión baja causará un desgaste por ambos costados de la banda de rodadura, mientras que una presión excesiva causará un desgaste por el centro del neumático. Estos desgastes se incrementarán si existen otros defectos tanto de geometría como de suspensión.

Si la presión de inflado de un neumático no es correcta, este se gastará más rápidamente. Si el neumático está inflado un 20% más o menos de lo recomendado, su rendimiento kilométrico disminuye aproximadamente un 25%.

Un bajo inflado fatigará la carcasa provocando cortes en el flanco, mayor calentamiento y resistencia a la rodadura y un aumento del consumo de combustible.

Un sobreinflado aumenta el riesgo de cortes y pinchazos en la banda de rodadura, produciendo menor adherencia, menor rendimiento kilométrico y menor confort.

En ambos casos disminuye la seguridad aumentando el riesgo de accidentes.



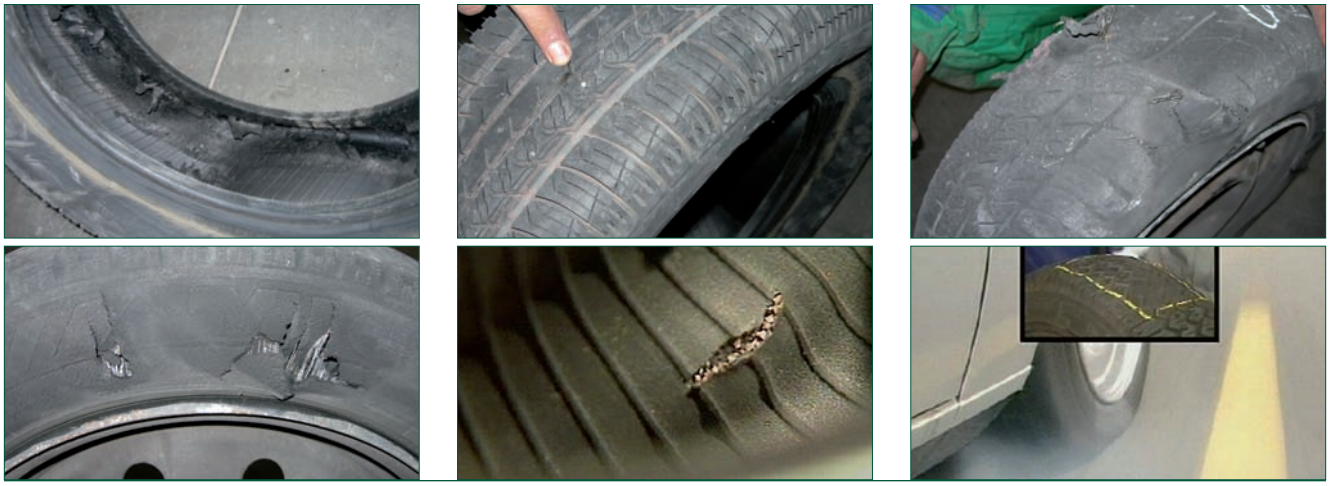
13.62. Rendimiento kilométrico del neumático.

13.60. Desgaste por sobrepresión.

13.61. Rotura del talón por defecto de montaje.

Factores externos que influyen en el desgaste

Existen igualmente otros tipos de factores externos que influyen de una manera decisiva en el desgaste de los neumáticos como son la carretera y, dentro de ella, el revestimiento, el estado, el perfil, el trazado, etc. y agentes atmosféricos como la temperatura ambiente, la humedad, la luz, el oxígeno-ozono, etc.



13.63. Otros deterioros comunes en los neumáticos.

13.64. Dislocación de la cubierta por rodaje sin aire.

7 >> Reparación del neumático

Antes de proceder a la reparación de un neumático es importante examinar atentamente cada parte del mismo y determinar si la reparación es posible y si está dentro de los límites. Se debe revisar exhaustivamente la cima, el flanco y el interior de la cubierta.

Los neumáticos que admiten reparación se pueden reparar en frío y en caliente. Se debe tener en cuenta que la reparación debe ofrecer una garantía total de seguridad, si no es así, la reparación no se deberá realizar.

No se debe reparar un neumático en los siguiente supuestos:

– La reparación es sobre las letras de marcaje del fabricante.
– La cima está machacada por numerosos cortes que llegan a las lonas.
– La cubierta está deteriorada por cuerpos grasos o corrosivos o tiene lonas textiles desgastadas.
– En los flancos y en la cima existen pliegues de la carcasa perceptibles al tacto.
– Está deteriorado por el rodaje sin aire o por bajo inflado: dislocación, jaspeaduras, pliegues del calandraje, etc.

Equipo de reparación

El equipo de reparación consta de los siguientes elementos:

– Tiza y regleta flexible.
– Brocha de pelo fino.
– Parches de diferentes diámetros, PRPs.
– Escariador cónico de diámetro 3 y 6.
– Ruedas raspadoras de corindón.
– Goma de unión negra y goma de relleno.
– Tijeras y cuchillo.
– Mesa de reparación calentadora o plancha.
– Disolución.
– Taladro neumático.
– Raspas de tungsteno.
– Muela de esmeril.
– Escofina esférica.
– Alicates.
– Prensa de vulcanización.
– Rodillos.

13.65. Equipo de reparación de neumáticos.

Técnica

Reparación del neumático en caliente

•• Se puede realizar con parches PAC o con producto autovulcanizante y goma.

Esta reparación se realiza con una prensa o plancha que transmite calor al parche y a la goma vulcanizante, aproximadamente a 120 °C.

La reparación se realiza de la siguiente manera:

- Lijar la zona donde se va a instalar el parche o el vulcanizado.
- Cortar goma vulcanizante de un tamaño superior a la herida y con el número de capas adecuado.
- Aplicar goma de unión en la herida, sobre la goma vulcanizante y en la zona de contacto con el parche si lo llevara.
- Poner la cubierta en la plancha presionando de una manera uniforme sobre la superficie de reparación.
- Cuando la goma se haya vulcanizado, apagar la plancha dejándola con presión sobre la reparación hasta que se enfríe.
- Si quedaran restos de goma que no influyen en la reparación, lijar hasta que la superficie quede uniforme. Si fuera necesario, reproducir el dibujo de la banda de rodadura con una máquina de reesculturado.

13.66. Vulcanizado de un neumático.

Técnica

Reparación del neumático en frío con parche PRP

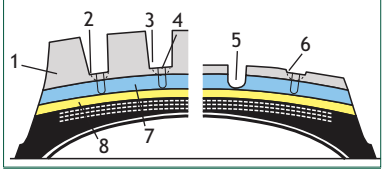
•• El proceso de reparación en frío consiste en la vulcanización de la cubierta y en la colocación de un parche a través de una disolución vulcanizadora.

El proceso de reparación en frío con parche PRP es el siguiente:

- Comprobar si el neumático es o no reparable.
- Marcar el punto que se va a reparar con tiza. Retirar el objeto que ha provocado el pinchazo si se encuentra todavía, prestando especial atención en la dirección de la perforación.
- Medir el diámetro de la perforación para la elección del PRP adecuado y alisar el canal de la perforación con el escariador.
- Cepillar la goma interior de la cubierta donde irá la base del PRP entre 3 y 5.
- Limpiar la superficie, echar disolución en el canal de la perforación y extender sobre la superficie cepillada, dejándola secar de 3 a 5 minutos hasta que deje de brillar.
- Quitar el protector de la base del PRP sin tocar la superficie descubierta e introducir el vástago del PRP en el canal.
- Tirar del vástago por el exterior de la cubierta sin arrancarlo ni cortarlo y ruletear la base del PRP desde el centro hacia afuera.
- Una vez reparado el neumático, montarlo y comprobar en un recipiente con agua si existen fugas.
- Por último, cortar el sobrante del PRP a ras en la cima y a 2 mm en la zona del flanco sin estirar el vástago.

13.67. Parche PRP.

1 Perfil de origen
2 Fondo de escultura
3 Testigo de desgaste
4 Alvéolos indicadores de la profundidad de desgaste
5 Perfil reesculturado
6 Perfil desgastado para reesculturar
7 Espesor de la goma para reesculturar
8 Espesor de la goma para conservar



13.68. Reesculturado.

8 >> Recauchutado y reesculturado

Los neumáticos de camión y algunos neumáticos de vehículos industriales permiten su recauchutado y su reesculturado. Estas dos operaciones rentabilizan la duración del neumático antes de sustituirlo.

8.1 > El recauchutado

El recauchutado consiste en colocar mediante vulcanizado, en frío o en caliente, una nueva banda de rodadura sobre la carcasa desgastada, respetando el resto del neumático.

El principal componente de un recauchutado es la carcasa y es esta la que garantizará el resultado del mismo.

Esta operación solo se realiza en neumáticos de vehículos industriales.

8.2 > El reesculturado

El reesculturado consiste en el marcaje de un neumático de camión gastado parcialmente.

El fabricante de un neumático de camión desde la concepción de un nuevo neumático cuenta con la posibilidad del reesculturado y recauchutado del mismo.

La técnica del reesculturado de un neumático de camión permite mejorar su rendimiento kilométrico entre un 20 y 30%. Además, permite igualmente un ahorro de carburante gracias a una mejora sensible de la resistencia al rodamiento del neumático.

Técnica

Reesculturado de un neumático de camión

•• El reesculturado se realiza con una cuchilla caliente sobre el dibujo que recomienda el fabricante del neumático, de líneas, de tacos, etc.

Se debe realizar antes de la desaparición del dibujo, cuando queden 2 ó 3 mm de profundidad. Esta precaución permite reproducir la escultura fácilmente, conservando el espesor de goma de al menos 2 mm entre el fondo de la escultura y las lonas cima del neumático.

13.69. Proceso de reesculturado de un neumático.

9 >> Nuevas tecnologías en los neumáticos

El continuo desarrollo de los vehículos exige que, paralelamente, sus neumáticos avancen en este sentido. Las nuevas tecnologías de diseño, la investigación y los nuevos ensayos con equipos de diseño asistido por ordenador (CAD) han desencadenado que la producción de neumáticos se realice de manera más rápida y eficaz.

9.1 > Neumáticos con el sistema *run flat*

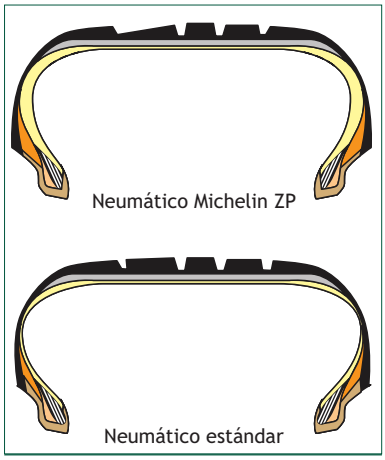
Los neumáticos reforzados *run flat* de tecnología auto portante (SST) permiten soportar la carga del vehículo en caso de pérdida de presión.

Las innovaciones más importantes son:

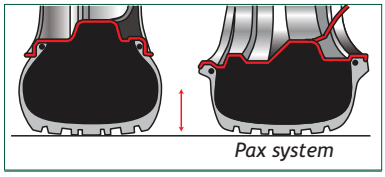
– Flanco más robusto y compuesto de goma especial para soportar la carga a presión nula.
– Reducción de riesgo de deslizamiento a presión nula sin problemas adicionales de montaje.

Estos neumáticos ofrecen mayor seguridad en caso de pinchazo con respecto a un neumático estándar. Además con ellos se garantiza una mayor seguridad gracias a que se mantiene en todo momento el control del vehículo y mayor movilidad, ya que no se tiene que inmovilizar el vehículo porque ofrece la posibilidad de seguir circulando con el vehículo durante 80 km a una velocidad de 80 km/h máximo.

Con los neumáticos *run flat,* en caso de pinchazo, al contrario que con un neumático estándar, el vehículo puede seguir rodando. El conductor debe simplemente adaptar la velocidad del vehículo y rodar un máximo de 80 km a una velocidad de 80 km/h con el fin de dirigirse con toda seguridad a un especialista para sustituir el neumático. Si se pinchase más de un neumático, se recomienda detenerse inmediatamente.



13.70. Sistema *run flat*.



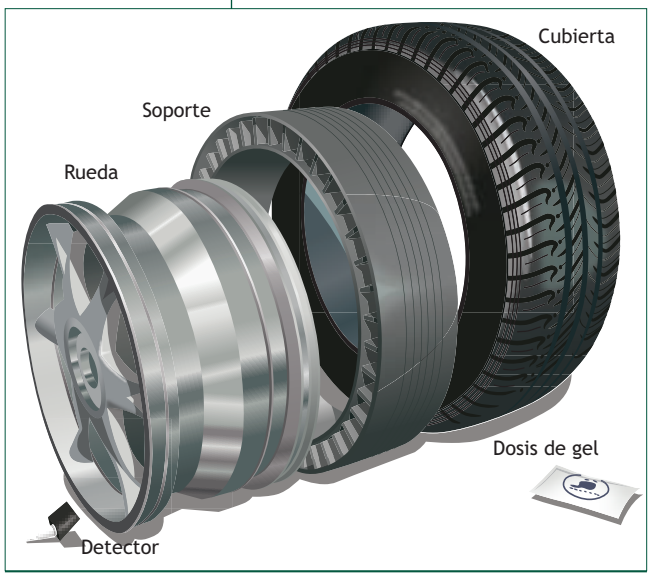
13.71. Comparación de un neumático convencional y *pax system*.

9.2 > Neumáticos con sistema *pax system*

En los neumáticos actuales, la presión interior es la que une el neumático a través del talón al borde de la llanta. Cuando el neumático pierde la presión por un pinchazo, no hay nada que impida que el neumático se desllante y haga saltar el talón del HUMP de la llanta.

El sistema *pax system* encaja el neumático en una acanaladura de la llanta en lugar de unirlos a presión. Se mantienen unidos por la tensión de un cable de acero, que está en el interior del talón a modo de cinturón.

Se trata de una unión de tipo mecánico y, por tanto, independiente de la presión en el interior del neumático. Este no se desllantará al escaparse el aire del mismo. Si el neumático pierde aire, no queda apoyado en la llanta.



13.72. Componentes del *pax system*.

En el *pax* hay un anillo interior que rodea por dentro a la llanta y es donde queda apoyado el neumático si se desinfla.

El perfil de este neumático es muy reducido y, por ello, las pérdidas por rodadura, lo que favorece el consumo de combustible.

Otras características que diferencian el *pax system* de un neumático convencional son las medidas del mismo.

Casos prácticos

Marcaje del neumático pax system

•• ¿Qué significa el marcaje 205-700 R 440 A en un neumático *pax system*?

Solución •• El marcaje, punto por punto, significa lo siguiente:

- 205 es el ancho del neumático en mm.
- 700 sería el diámetro total del neumático en milímetros. No expresa la relación ancho-perfil.
- R significa radial.
- 440 es el diámetro de la llanta en milímetros.
- A es un indicativo para confirmar que se trata de un neumático *pax*.

13.73. Neumático sin aire *tweel*.

9.3 > Neumático sin aire *tweel*

El diseño de este tipo de neumáticos se basa en una serie de radios flexibles que se fusionan con un eje flexible que se deforma para absorber los impactos y rebotar con gran facilidad.

Este tipo de neumáticos reemplazan la necesidad de presión de aire.

Este neumático cumple perfectamente sus misiones al igual que el neumático convencional: capacidad de carga, comodidad de trayecto y capacidad para sortear los obstáculos del camino.

En cuanto a la rigidez vertical, que afecta básicamente a la comodidad, y la rigidez lateral, que afecta el manejo y el viraje, pueden ser optimizadas, mejorando la capacidad de desempeño en estas aplicaciones y permitiendo un funcionamiento que no es posible con los equipos neumáticos actuales.

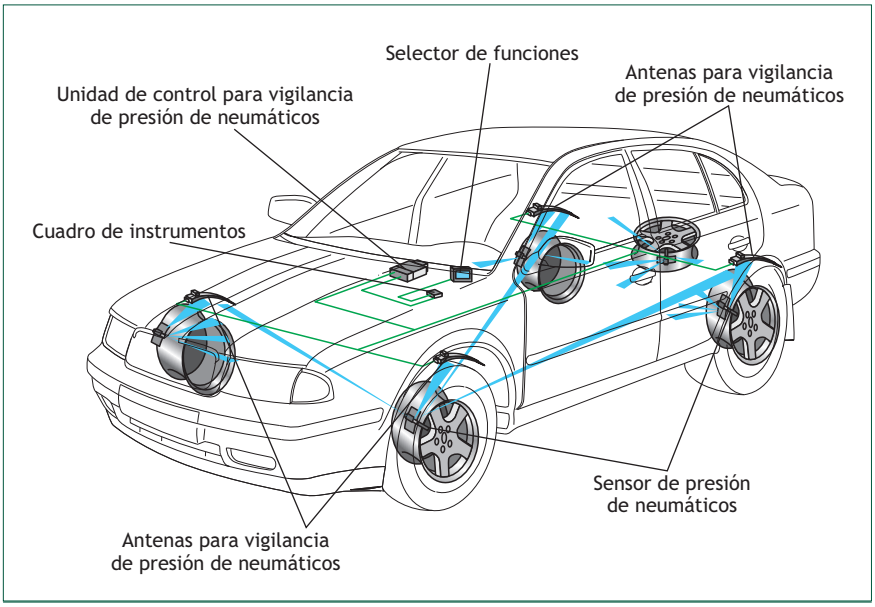
9.4 > Sistema de control de la presión de los neumáticos

El sistema de control de la presión de los neumáticos permite controlar continuamente la presión de todos los neumáticos del vehículo avisando al conductor de la falta de presión en uno o varios neumáticos con una señal luminosa o acústica en el interior del vehículo.

Este sistema consta de un detector de presión instalado en el interior de cada neumático que envía la información al interior del vehículo. Un receptor del vehículo analiza la información recibida, la procesa y, en caso de pérdida de aire o presión insuficiente, avisa al conductor mediante el cuadro de instrumentos.

Existen dos tipos de detectores:

– **Detectores integrados en las válvulas.** Consisten en sensores de presión que constituyen un cuerpo único con la válvula. Estos sistemas son identificados sin desmontar el conjunto. El tapón de válvula es metálico y bastante más largo que un tapón estándar puesto que incorpora una junta de goma de gran espesor.
– **Detectores independientes.** Separados de las válvulas, se unen a la rueda con una brida de fijación metálica. Estos sistemas no son identificados sin desmontar el neumático.



13.75. Sistema de control de la presión de los neumáticos en el Audi A8.

13.74. Sensor para el controlde la presión de los neumáticos.

Técnica

Calibrado del sistema de control de la presión de los neumáticos

•• En los vehículos equipados con este sistema, cada vez que se cambian las ruedas hay que guardar la presión de los neumáticos como presión nominal. La presión nominal es imprescindible para un funcionamiento seguro del sistema y siempre debe estar actualizada.

Es necesario un calibrado cuando:

- Se ha modificado la presión de los neumáticos.
- Se han montado nuevas unidades de válvula de medición.
- Se han modificado las posiciones de las ruedas desde el último calibrado.
- Se ha montado la rueda de repuesto.
- Se ha cambiado el controlador.
- Se han transportado ruedas adicionales con unidades de válvula de medición en el vehículo, por ejemplo en caso de cambio estacional de las ruedas.

El software del controlador diferencia en este tipo de vehículos entre cambio de ruedas y almacenamiento de las presiones de los neumáticos.

13.76. Criterios de equivalencias de neumáticos.

10 >> Conservación, almacenamiento y reciclaje de neumáticos

La conservación del neumático se debe basar en el mantenimiento básico y en la observación de cualquier manifestación anormal como deformación del flanco o banda de rodadura, cortes profundos, roturas, vibraciones, desviación súbita del vehículo, etc.

La vida útil de la goma de un neumático es de 6 años aproximadamente. Superado ese periodo el neumático pierde sus propiedades de agarre, flexibilidad, etc.

Los neumáticos nuevos se deben almacenar en lugares protegidos de la luz del sol y del mal tiempo evitando la presencia de agua y humedad. Deben conservarse a temperaturas de entre 15 y 25 °C, colocándolos en vertical, excluyendo la disposición en filas para neumáticos de automóviles con categoría de velocidad H (210 km/h), V (240 km/h) y Z (> 240 km/h), apilándose como máximo durante 3 meses para turismos S (180 km/h) y T (190 km/h) y transporte ligero.

El plazo máximo de stock es de 5 años aproximadamente.

En cuanto al reciclaje, antiguamente el neumático se quemaba o se vertía en vertederos sin control, con la gran contaminación que esto suponía.

El tiempo necesario para la descomposición de un neumático es de más de 100 años. Por ello se han construido plantas de reciclaje de neumáticos usados que se dedican a la transformación de estos en productos de segundo orden como base asfáltica, ruedas macizas para contenedores, suelos, etc.

Técnica

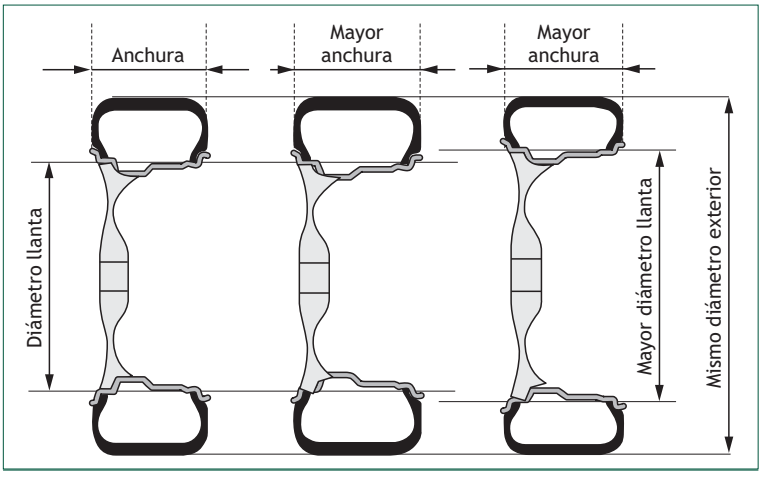
Criterios de equivalencia de neumáticos

•• La sustitución de unos neumáticos por otros en un vehículo debe realizarse siguiendo la misma homologación o, en todo caso, equivalente.

Dos neumáticos son equivalentes (Real Decreto 736/1988, BOE n.º 170) cuando reúnen al mismo tiempo las siguientes condiciones:

- Código de velocidad igual o superior.
- Índice de carga igual o superior.
- Igual diámetro exterior con las tolerancias definidas en los reglamentos de homologación de neumáticos. Para turismos ±2%.

Cuando se realicen estos montajes, no debe haber interferencias con otras partes del vehículo.



13.77. Criterios de equivalencias de neumáticos.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué es el bombeo de una llanta?

2·· ¿Cuáles son las funciones más importantes que debe aportar una rueda?

3·· ¿Cuáles son las principales características dimensionales de un neumático?

4·· ¿Qué significa la inscripción 7 J x 15 H2 ET24 5/108 en una llanta?

5·· ¿Qué desgastes origina una suspensión defectuosa en el neumático? ¿Cómo se pueden corregir?

6·· ¿Para qué sirve el talón de un neumático?

7·· ¿Cómo se realiza la reparación en caliente de un neumático?

8·· ¿En qué consiste el recauchutado de un neumático?

9·· ¿Qué significan las siguientes inscripciones de un neumático?

a) 78T
b) Radial
c) Reinforced
d) DA DA
e) *Regroobable*

10·· ¿Cómo influye la presión en el desgaste de los neumáticos?

11·· ¿En qué consiste el optimizado de una rueda?

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza el desmontaje y el montaje de un neumático de una llanta.

2·· Realiza el equilibrado de las ruedas de un vehículo.

3·· Sustituye la válvula a una rueda de turismo.

4·· Realiza la reparación en frío de una rueda *tubeless* de turismo pinchada con un clavo con un parche normal o un PRP.

5·· Analiza en el taller las llantas y neumáticos de los distintos vehículos y anota sus características en una tabla como la siguiente:

Vehículo	Llanta	Neumático
Renault Clio	5 ½ J x 13 H2 ET37 4/100	175/70 R13 79 T

Caso final

Sustitución y equilibrado de los neumáticos de un vehículo

•• Un vehículo llega al taller para la sustitución de los neumáticos que están gastados después de 35 000 km de duración.

Tras determinar el tipo de neumático apropiado para el vehículo, se inicia el proceso de sustitución. Sustituye los neumáticos viejos por unos nuevos realizando todas las operaciones necesarias.

Solución •• Para realizar la sustitución de forma correcta, debes seguir los siguientes pasos:

- Eleva el vehículo con ayuda del elevador.
- Desmonta las ruedas del vehículo y quita el obús de las válvulas para vaciar el aire del interior. Si la rueda lleva plomos sujetos mediante grapas, extrae estas para no dañarla.
- Desmonta los neumáticos uno a uno si las ruedas están completamente sin aire.

13.78. Extracción de la rueda.

13.79. Desmontaje del obús y extracción del aire.

13.80. Desmontaje de la parte exterior del neumático.

- Coloca la rueda contra el despegatalones de la máquina con la válvula mirando hacia el exterior y despega el talón de ese lado haciendo saltar el talón HUMP.
- Lubrica el talón despegado y la pestaña de la llanta con pasta para el desmontaje. Realiza esta operación con la parte interior de la rueda.
- Coloca la rueda en la mesa de la desmontadora con la parte exterior hacia arriba y aproxima el brazo de desmontaje a la llanta.
- Salta la pestaña de la garra desmontadora con ayuda de un desmontable. Se iniciará la rotación de la rueda en sentido de las agujas del reloj hasta que el neumático haya salido de su parte exterior. Levanta el neumático hacia arriba y repite la operación con el lado interior del neumático.

13.81. Destalonado del neumático por la parte interior.

13.82. Extracción de la cara exterior del neumático.

13.83. Extracción de la cara interior del neumático.

- Una vez desmontado el neumático, quita la válvula vieja de su alojamiento y limpia la llanta haciendo hincapié en la zona de la pestaña donde se asienta el talón.
- Coloca la llanta en el plato de la máquina con el lado exterior hacia arriba.
- Monta una válvula nueva en la llanta lubricándola por la parte cónica e inicia el proceso de montaje del neumático.
- Lubrica la llanta y el neumático con pasta para el montaje.
- Respeta el sentido de rotación si la rueda lo tiene; en caso contrario, coloca el DOT hacia la parte exterior de la rueda.
- Posiciona el neumático inclinándolo en el borde de la llanta.
- Coloca el brazo de desmontaje y la garra en la posición adecuada y procede al montaje haciendo girar el plato de la máquina en sentido de las agujas del reloj.

13.84. Lubricación del neumático.

13.85. Montaje del lado interior.

13.86. Montaje del lado exterior.

- Una vez montado el neumático, ínflalo hasta una presión aproximada de 3,5 bar y verifica el centrado correcto de los talones con respecto al borde de llanta. Ajusta después la presión a la recomendada por el fabricante y hermetiza el conjunto con el tapón.

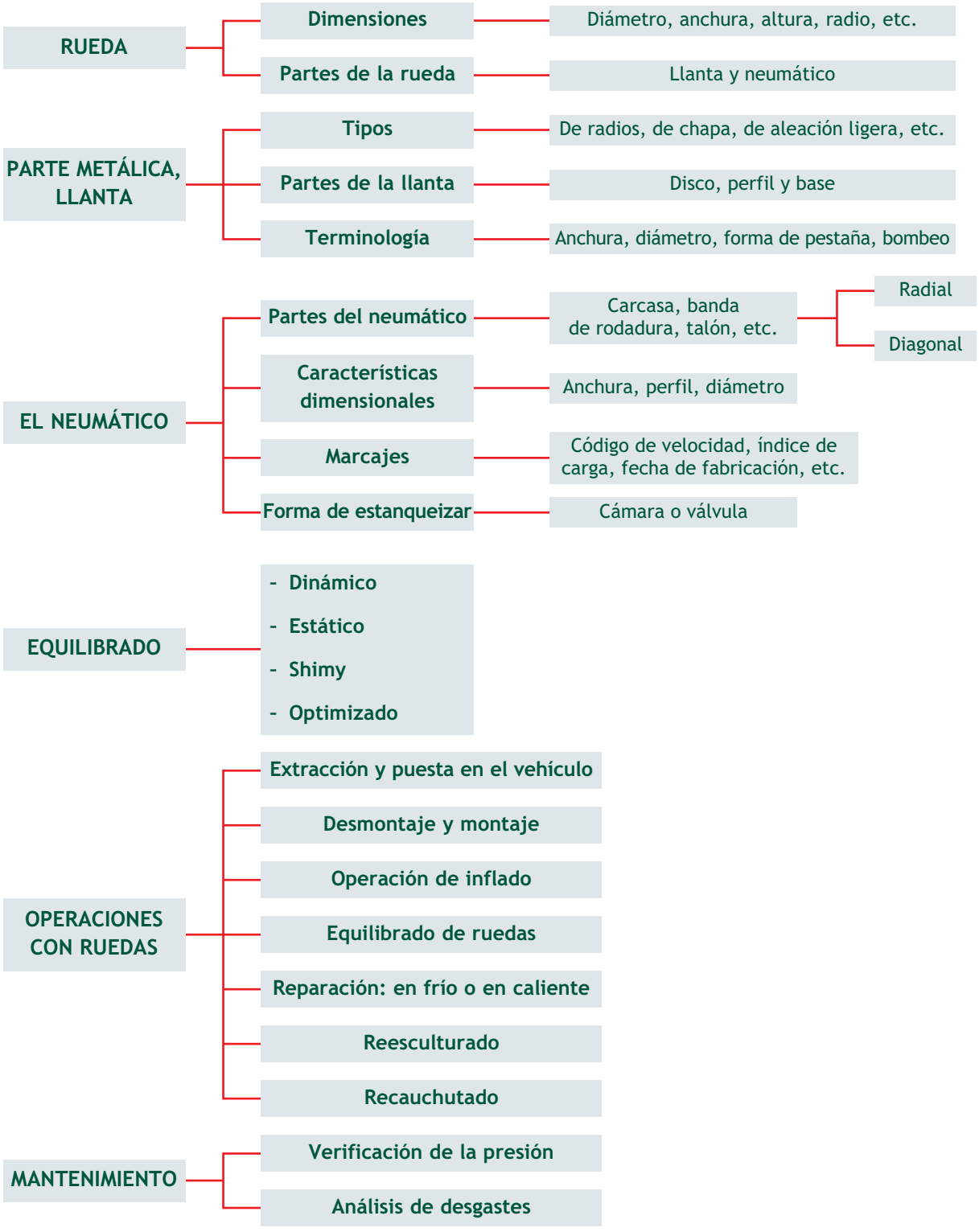
13.87. Neumático montado.

13.88. Inflado de la rueda.

13.89. Equilibrado de la rueda.

- Una vez montada la rueda equilíbrala con la máquina equilibradora y coloca los contrapesos indicados.
- Limpia el asiento del buje y de la llanta y engrasa adecuadamente la superficie.
- Una vez montada y equilibrada la rueda, móntala en el vehículo.
- Monta la llanta en el buje y enrosca los tornillos o las tuercas realizando un preapriete.
- Baja el vehículo del elevador y ajusta el apriete en cruz con la llave dinamométrica al par recomendado por el fabricante alternando los tornillos.
- Debes realizar esta misma operación en el resto de las ruedas.

Ideas clave


RUEDA
Dimensiones
Diámetro, anchura, altura, radio, etc.
Partes de la rueda
Llanta y neumático
PARTE METÁLICA, LLANTA
Tipos
De radios, de chapa, de aleación ligera, etc.
Partes de la llanta
Disco, perfil y base
Terminología
Anchura, diámetro, forma de pestaña, bombeo
EL NEUMÁTICO
Partes del neumático
Carcasa, banda de rodadura, talón, etc.
Radial
Diagonal
Características dimensionales
Anchura, perfil, diámetro
Marcajes
Código de velocidad, índice de carga, fecha de fabricación, etc.
Forma de estanqueizar
Cámara o válvula
EQUILIBRADO
- Dinámico
- Estático
- Shimy
- Optimizado
OPERACIONES CON RUEDAS
Extracción y puesta en el vehículo
Desmontaje y montaje
Operación de inflado
Equilibrado de ruedas
Reparación: en frío o en caliente
Reesculturado
Recauchutado
MANTENIMIENTO
Verificación de la presión
Análisis de desgastes

MICHELIN CORALDO:
EL NEUMÁTICO DE COLOR

En el año 1997, con idea de innovar y caracterizar el diseño de los vehículos, Michelin introdujo en el mercado el nuevo neumático denominado Coraldo. Este apareció como alternativa al MXT Energy, con un dibujo direccional y tres tonos de color: el amarillo Río, el rojo Etna y el verde Nordik. Los neumáticos Coraldo se ofrecieron en unas dimensiones muy comerciales (155 / 70 R 13 75T y 175 / 70 R 13 82T) y permitían a los propietarios de automóviles de pequeña o mediana cilindrada poner un toque personal y original en el diseño de su vehículo.

La concepción de los tres colores del Coraldo solo fue posible gracias a las innovaciones en el dominio de los materiales:

– El **negro**, color tradicional del neumático, se debe a la presencia de carbono en las gomas. Refuerza ciertas cualidades mecánicas del neumático y minimiza la acción de los rayos ultravioleta de la luz solar que dan rigidez al caucho y lo vuelven quebradizo.
– La **Tecnología Sílice** mejora incluso las cualidades mecánicas del neumático y hace posible la utilización del color, ya que la sílice tiene un color neutro.

La escultura direccional del Coraldo se caracteriza por:

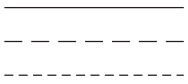
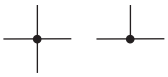
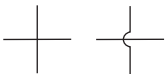
– Un cordón central redondeado que hace un efecto similar al del estrave de la quilla de un barco, 360 tacos de goma que reparten la presión, 4 canales longitudinales de gran profundidad, canales transversales que evacuan el agua hasta los flancos.
– Disposición especial de los 360 tacos de líneas fluidas que ofrecen un excelente confort sonoro.
– Situación adecuada de los cordones en los flancos, que realizan una eficaz protección del color.

13.90. Michelin Coraldo.

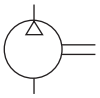
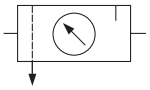
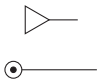
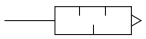
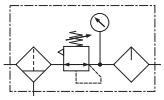
Apéndice: simbología

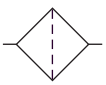
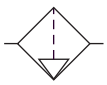
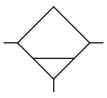
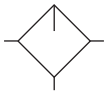
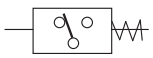
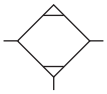
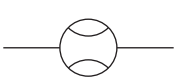
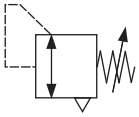
1 >> Simbología neumática

1.1 > Conducciones y purga de aire

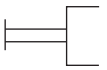
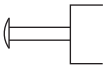
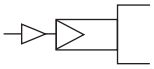
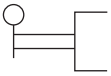
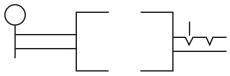
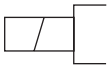
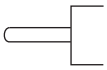
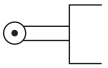
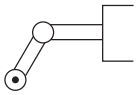
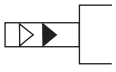
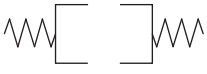
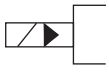
Conducciones				Purga de aire	
	De trabajo De pilotaje De purga o drenaje		Conductor flexible		Orificio de evacuación
	Unión de conductores		Cruces de conductores		No conectable
	Conexión neumática		Conducto eléctrico		Conectable por roscado
	Acoplamiento rápido				Orificio taponado

1.2 > Símbolos para la unidad de alimentación de energía

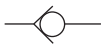
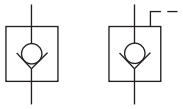
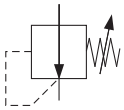
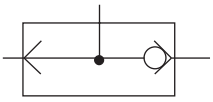
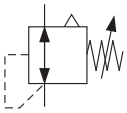
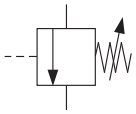
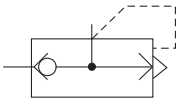
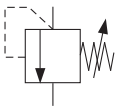
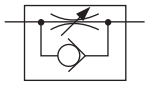
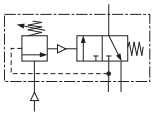
Alimentación				Símbolos combinados	
	Compresor con volumen constante de desplazamiento		Acumulador, depósito de aire		Unidad de mantenimiento simplificada
	Inicio de instalación o fuente de presión		Silenciador		Unidad de mantenimiento con filtro de aire, válvula reguladora de presión, manómetro y lubricador del aire a presión

Mantenimiento							
	Filtro		Filtro con purga		Separadores de agua con accionamiento manual		Separadores de agua, automáticos
	Lubricador o engrasador		Presosteto		Deshumificador		Medidor de temperatura
	Medidor de caudal				Válvula reguladora de presión con orificio de descarga regulable. Presostato		

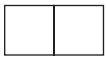
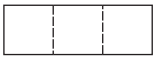
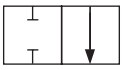
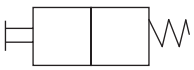
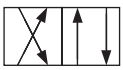
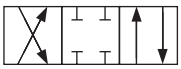
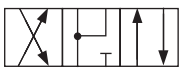
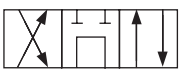
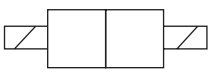
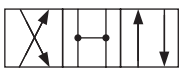
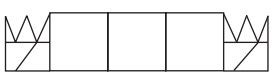
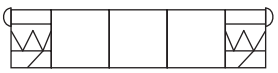
1.3 > Tipos de accionamiento

Accionamiento por fuerza muscular		Accionamiento por aire comprimido	
	General		Directo por aplicación de presión
	Botón pulsador		Indirecto por aplicación de presión, servopilotado
	Por palanca	Accionamiento electromagnético	
	Por palanca y enclavamiento		Por medio de electroimán
	Por pedal		Por medio de dos electroimanes
Accionamiento mecánico		Accionamiento hidráulico	
	Por taqué		Accionamiento hidráulico directo
	Por rodillo	Accionamiento combinado	
	Por rodillo en un solo sentido		Válvula con mando previo, accionada electromagnética-mente por dos lados, y accionamiento manual auxiliar
	Por resorte		Accionamiento neumático e hidráulico
	Centrado elásticamente		Accionamiento electrohidráulico

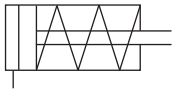
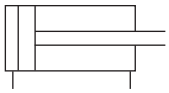
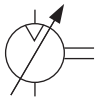
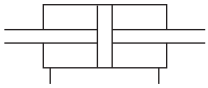
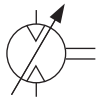
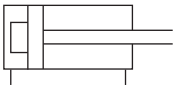
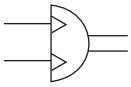
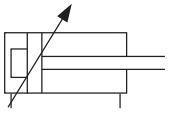
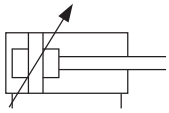
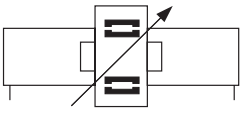
1.4 > Válvulas de cierre, válvulas de caudal y válvulas de presión

Válvulas de cierre		Válvula reguladora de caudal	
	Válvula antirretorno		Válvula de estrangulación regulable
	Válvula antirretorno, bajo presión de resorte	Válvula reguladora de caudal	
	Válvula antirretorno pilotada 1. Al cierre 2. A la apertura		Válvula reguladora de presión, ajustable, sin orificio de escape
	Válvula selectora (función O)		Válvula reguladora de presión, ajustable, con orificio de escape
	Válvula de simultaneidad (función Y)		Válvula de mando de presión con alimentación externa
	Válvula de escape rápido		Válvula limitadora de presión
	Válvula de estrangulación de retención		Combinación de válvula de mando de presión

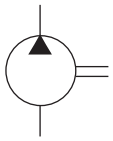
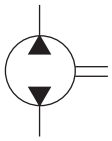
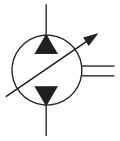
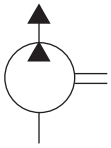
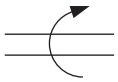
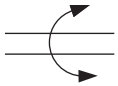
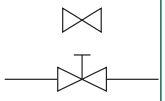
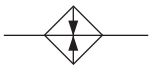
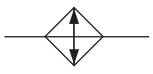
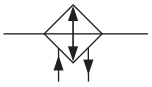
1.5 > Válvulas distribuidoras

Distribuidores			
	Dos posiciones		Dos orificios cerrados
	Tres posiciones con posición intermedia de paso		Dos vías en conexión transversal
	Tres posiciones		Dos orificios cerrados y dos vías en by-pass
	Una vía		Un orificio cerrado y dos vías
	Dos vías paralelas		Un orificio cerrado y dos vías en paralelo
	Dos vías cruzadas		Cuatro orificios cerrados
Válvulas distribuidoras combinadas		**Accionamiento o pilotaje de válvulas distribuidoras**	
	Dos vías y dos posiciones		Por pulsador en un sentido y resorte
	Tres vías y dos posiciones		Por accionamiento mecánico y retorno por resorte
	Cuatro vías y dos posiciones		Por palanca manual y enclavamiento mecánico
	Cuatro vías y tres posiciones		Por electroimán y retorno por resorte
	Cuatro vías y tres posiciones		Neumático y retorno por resorte
	Cuatro vías y tres posiciones		Hidráulico y retorno por resorte
	Cuatro vías y tres posiciones		Por electroimán en ambos lados
	Cuatro vías y tres posiciones		Neumático en ambos lados
			Por electroimán y posición central sin accionamiento
			Por palanca manual en posición central
			Manual o por electroimán indistintamente

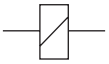
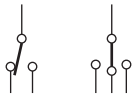
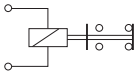
1.6 > Elementos de trabajo

Elemtos de trabajo lineales		Elementos de trabajo giratorios	
	Cilindro de simple efecto		Motor neumático con volumen constante de desplazamiento y un sentido de paso del aire
	Cilindro de doble efecto		Motor neumático con volumen variable de desplazamiento y un sentido de paso del aire
	Cilindro de doble efecto de doble vástago		Motor neumático con volumen variable de desplazamiento y dos sentidos de paso del aire
	Cilindro de doble efecto con amortiguación sencilla, no regulable		Motor neumático oscilante
	Cilindro de doble efecto con amortiguación sencilla, regulable		
	Cilindro de doble efecto con amortiguación doble regulable		
	Cilindro sin vástago, con émbolo de acoplamiento magnético		

2 >> Simbología hidráulica

Bombas							
	Bomba de caudal constante		Bomba de caudal constante reversible		Bomba de caudal variable		Bomba de caudal variable reversible
		Bomba de vacío		Eje rotativo en el sentido de la flecha		Eje rotativo en dos sentidos	
Otros símbolos							
	Acumulador hidráulico		Recipiente de fluido hidráulico a presión		Depósito de líquido o tanque		Grifo Llave de paso
		Intercambiador de calor, calentador		Intercambiador de calor, refrigerador		Intercamabiador de calor, refrigerador líquido	

3 >> Simbología eléctrica

Conducciones							
	Red eléctrica		Líneas de corriente		Interruptor		Resistencia
	Diodo		Bobina		Pulsador normalmente abierto		Pulsador normalmente cerrado
	Conmutadores		Lámparas		Claxon o sirena		Fusibles
	Relé		Motor eléctrico		Temporizador		Electroimán

Apéndice: relación de figuras

1 >> Prevención de riesgos laborales y tratamiento de residuos

1.1. Pintor equipado con equipos de protección personal EPIs.
1.2. Taller de electromecánica.
1.3. Operario con el equipo de protección individual.
1.4. Marcaje de EPIs de las tres categorías.
1.5. Señalización empleada en el taller.
1.6. Entrada de una sala de compresores.
1.7. Señales de peligro y advertencia.
1.8. Señales de prohibición.
1.9. Señales de obligación.
1.10. Señales contre incendios.
1.11. Señales de información y salvamento.
1.12. Lavador de ojos con su panel indicador.
1.13. Señalización de zonas de paso.
1.14. Señalización del elevador.
1.15. Logotipo de marcado «CE».
1.16. Contenedor de plásticos.
1.17. Recipiente de recogida de filtros.
1.18. Recipiente impermeable de recogida de residuos.
1.19. Equipo de aspiración y reciclaje de gases de soldadura.
1.20. Protección de órganos de trasmisión de un compresor.

2 >> Sistemas de unión y guiado

2.1. Despiece de los elementos de un motor.
2.2. Tornillo, perno y espárrago.
2.3. Montaje del tornillo de una rueda.
2.4. Tipos de tuercas.
2.5. Arandela de estanqueidad.
2.6. Tipos de arandelas.
2.7. Montaje de circlips.
2.8. Tornillo prisionero.
2.9. Montaje del pasador fijando una tuerca almenada.
2.10. Pasador ranurado y pasador de aletas.
2.11. Chavetas y chavetero.
2.12. Abrazaderas.
2.13. Montaje de una abrazadera elástica.
2.14. Rodamientos.
2.15. Medición de un rodamiento.
2.16. Casquillo de aluminio.
2.17. Rótula de unión.
2.18. Rótula de tensión y rótula de compresión.
2.19. Rótula de acompañamiento.
2.20. Despiece de la mangueta del lado derecho.
2.21. Aleta derecha.
2.22. Aflojando la tuerca.
2.23. Tornillos de fijación de la pinza.
2.24. Soltar la rótula.
2.25. Golpear el palier.
2.26. Tornillos de amortiguadores.
2.27. Extractor de rótulas.
2.28. Desmontaje de los rodamientos.
2.29. Montaje del rodamiento.
2.30. Montaje del cubo.
2.31. Comprobando el montaje.
2.32. Juego de juntas de estanqueidad.
2.33. Retén de estanqueidad.
2.34. Junta tórica.
2.35. Guardapolvos de la dirección.
2.36. Saab 9-5 BioPower.
2.37. Esquema de montaje de la rótula de dirección.
2.38. Silentblock.
2.39. Unión por latiguillo.
2.40. Taco elástico de motor.
2.41. Uniones eléctricas mediante clemas de conexión.
2.42. Desmontaje de la rueda.
2.43. Conjunto al descubierto.
2.44. Desmontaje de la contratuerca de sujeción.
2.45. Desmontaje de la contratuerca de sujección.
2.46. Desmontaje de la tuerca de la rótula.
2.47. Extracción de la rótula.
2.48. Extracción de la rótula.
2.49. Protección de la rosca.
2.50. Desmontaje de la rótula.
2.51. Barra de acoplamiento sin rótula.
2.52. Apriete de la rótula.
2.53. Apriete de la rueda al par.

3 >> Transmisión de movimiento y mecanismos

3.1. Movimiento lineal alternativo del pistón y rotativo del cigüeñal.
3.2. Movimiento oscilante de un trapecio de suspensión.
3.3. Cuentarrevoluciones de un motor.
3.4. Apriete de una rueda al par con llave dinamométrica.
3.5. Curva de par y potencia.
3.6. Mecanismo biela-manivela.
3.7. Mecanismo por ruedas de fricción.
3.8. Caja de cambios. Transmisión por engranajes.
3.9. Unión entre dos piñones.
3.10. Parámetros de un engranaje de dientes rectos.
3.11. Tren de engranajes simple.
3.12. Tren de engranajes compuesto.
3.13. Mecanismo de poleas.
3.14. Tipos de correas y poleas.
3.15. Mecanismo de distribución por correas dentadas.
3.16. Polea del variador de un ciclomotor.
3.17. Desmontaje y montaje de una polea poly-V.
3.18. Piñón dentado para cadena.
3.19. Despiece de un eslabón de una cadena.
3.20. Distribución de un motor en W por cadena.
3.21. Palanca.
3.22. Alicates, palanca de primer género.
3.23. Mecanismo de embrague.
3.24. Mecanismo biela-manivela de un motor.
3.25. Levas.
3.26. Funcionamiento de la leva en un motor.
3.27. Mecanismo de leva en un árbol de levas.
3.28. Junta elástica.
3.29. Gráfica de curva de par y potencia.
3.30. Tren de engranajes.
3.31. Ruedas dentadas.
3.32. Esquema de embrague accionado por palancas y cable.
3.33. Sistema de poleas de accesorios.
3.34. Desmontaje de la correa.
3.35. Sistema de poleas de accesorios.
3.36. Polea del aire acondicionado.
3.37. Polea de la dirección asistida.
3.38. Polea del cigüeñal.
3.39. Esquema de las poleas y la correa.

4 >> Magnitudes y leyes de los circuitos de fluidos

4.1. Llanta con válvula.
4.2. Pala cargadora que dispone de un motor que mueve la bomba hidráulica que alimenta los circuitos hidráulicos de la máquina.
4.3. Densímetro.
4.4. Copa DIN4.
4.5. Transmisión de la presión en todas las direcciones.
4.6. Gráfica de presiones.
4.7. Presión en un plano horizontal.
4.8. Manómetro con rosca.
4.9. Componentes de un manómetro.

4.10. Símbolo del caudalímetro.
4.11. Símbolos del presostato.
4.12. Extracción del tapón de la válvula.
4.13. Ajuste de la presión de la rueda.
4.14. Ejemplo de la Ley de Boyle-Mariotte.
4.15. P · V = k.
4.16. Prensa hidráulica.
4.17. Fluido circulando por un conducto con dos secciones.
4.18. Medida del diámetro nominal.
4.19. Medida del diámetro exterior.
4.20. Racores de conexión rápidos macho y hembra (hidráulica).
4.21. Racor de conexión rápida (neumática).
4.22. Racor macho.
4.23. Racor hembra.
4.24. Enchufe rápido macho-hembra (1), conectado (3) y desconectado (2).
4.25. Racor de la bomba. Hermeticidad con asiento cónico.
4.26. Tornillo con orificios, arandelas, conector de ojo con cánula.
4.27. Reducción macho-macho BSP.
4.28. Racor en forma de cruz.
4.29. Cánulas sin abrazadera.
4.30. Cánulas con abrazadera.
4.31. Simbología de elementos hidráulicos y neumáticos.
4.32. Bomba de la dirección asistida.
4.33. Gas sometido a presión.
4.34. Prensa hidráulica y manómetro.
4.35. Aflojar el racor.
4.36. Desenroscar el racor de la pinza.
4.37. Midiendo el diámetro exterior.
4.38. Midiendo el paso del racor.
4.39. Fijación del latiguillo.
4.40. Apretar la tuerca.
4.41. Abrir el purgador.
4.42. Rellenar el depósito.

5 >> Componentes y circuitos neumáticos

5.1. Rueda.
5.2. Símbolo del compresor.
5.3. Compresor del taller.
5.4. Admisión.
5.5. Compresión y escape.
5.6. Biela con cucharilla de lubricación.
5.7. Conductos de lubricación del cigüeñal del compresor.
5.8. Cuadro de mandos y esquema de funcionamiento de un compresor de dos etapas con enfriador.
5.9. Compresor de membrana.
5.10. Compresor rotativo.
5.11. Compresor de lóbulos.
5.12. Compresor axial.
5.13. Compresor de tornillo.
5.14. Esquema del filtrado del aire.
5.15. Filtro de partículas y de agua.
5.16. Gráfica que relaciona la cantidad de agua y la temperatura.
5.17. Circuito de secado por frío.
5.18. Secador de camión.
5.19. Lubricador.
5.20. Regulador de presión.
5.21. Símbolos de la unidad de mantenimiento.
5.22. Unidad de mantenimiento.
5.23. Calderín de camión.
5.24. Calderín estacionario.
5.25. Ábaco para calcular el diámetro interior de las tuberías de neumática.
5.26. Distintas tuberías flexibles.
5.27. Calderín, canalizaciones y unidad de mantenimiento de un circuito neumático.
5.28. Cilindro de émbolo de simple efecto seccionado.
5.29. Cilindro de doble efecto.
5.30. Tipos de retenes y sellado de cilindros.
5.31. Cilindros de membrana.
5.32. Cilindro de émbolo pasante.
5.33. Cilindro tándem.
5.34. Forma radial y axial de motores de émbolo.
5.35. Motores de aletas.
5.36. Válvula 3/2 vías, cerrada en reposo, asiento de bola.
5.37. Válvula 3/2 vías, cerrada en reposo, asiento plano.
5.38. Válvula 5/2 con accionamientos neumáticos.
5.39. Válvula 4/2 con accionamientos neumáticos.
5.40. Posiciones de las válvulas distribuidoras.
5.41. Válvula 1.
5.42. Válvula 2.
5.43. Válvula de 2 vías, 2 posiciones, accionamiento y palanca.
5.44. Sección de una válvula antirretorno con bola y muelle.
5.45. Válvula de escape rápido.
5.46. Válvula selectiva. Función O.
5.47. Válvula de simultaneidad. Función Y.
5.48. Válvulas reguladoras de caudal.
5.49. Válvulas bidireccionales y unidireccionales en distintos circuitos.
5.50. Circuito neumático con válvula reguladora de presión.
5.51. Válvula reguladora de presión seccionada y símbolo.
5.52. Válvula de cuatro circuitos.
5.53. Válvula proporcional.
5.54. Válvulas.
5.55. Circuito con cilindro de simple efecto.
5.56. Circuito final.
5.57. Circuito de la prensa diseñado en el FluidSIM.
5.58. Funcionamiento de circuito.

6 >> Hidráulica

6.1. Los líquidos adquieren la forma del recipiente que los contiene.
6.2. Circuito hidráulico.
6.3. Circuito hidráulico básico con centro abierto.
6.4. Circuito hidráulico de frenos.
6.5. Medidas de presión en un circuito.
6.6. Circuito abierto.
6.7. Circuito de centro cerrado.
6.8. Circuito cerrado con tres cilindros.
6.9. Bomba de engranajes externos.
6.10. Bomba de engranajes internos.
6.11. Bomba de rotor.
6.12. Bomba de paletas de caudal fijo.
6.13. Bomba de paletas de caudal variable.
6.14. Disposición de los cilindros en las bombas.
6.15. Bomba de pistones axiales. Fuente: John Deere.
6.16. Fase de regulación de caudal. Fuente: John Deere.
6.17. Bomba con pistones radiales y caudal variable.
6.18. Filtro de aceite.
6.19. Filtro seccionado. Fuente: HRE.
6.20. Compresión y escape.
6.21. Acumulador de membrana.
6.22. Depósito. Fuente: Citroën.
6.23. Intercambiador.
6.24. Enfriador de aceite por líquido.
6.25. Ábaco para el cálculo de tuberías.
6.26. Disposición de capas en tuberías de distintas presiones.
6.27. Tuberías rígidas y flexibles de una máquina Hitachi.
6.28. Cilindro de simple efecto.
6.29. Cilindro diferencial empleado en una dirección asistida.
6.30. Cilindro telescópico de un remolque.
6.31. Cilindro rotativo.
6.32. Motor hidráulico.
6.33. Esquema de un motor hidráulico de caudal variable.
6.34. Válvula 3/2 seccionada y símbolo.
6.35. Válvula 3/2 con asiento cónico.
6.36. Circuito hidráulico con una válvula de centros cerrados.
6.37. Símbolo y sección de una válvula 7 vías y 4 posiciones.
6.38. Válvulas antirretorno pilotadas.
6.39. Símbolo de la válvula selectora función O.
6.40. Válvulas reguladoras de caudal.
6.41. Válvulas reguladoras de presión.
6.42. Válvula reguladora de presión.
6.43. Caja de válvulas de un cambio automático.

6.44. Canalizaciones del fluido hidráulico de la caja de válvulas.
6.45. Esquema de circuito hidráulico.
6.46. Pala cargadora.
6.47. Afloja las canalizaciones de entrada y salida.
6.48. Desenrosca la culata roscada.
6.49. Retenes de hermeticidad.
6.50. Cambia de retenes.
6.51. Lubrica las roscas.
6.52. Rosca la culata.
6.53. Cilindro montado en la pala.

7 >> Circuitos neumáticos e hidráulicos

7.1. Ejemplo de circuito neumático.
7.2. Ejemplo de circuito hidráulico.
7.3. Representación gráfica de un circuito.
7.4. Diagrama de movimientos de un cilindro.
7.5. Diagrama de movimientos de tres cilindros.
7.6. Circuito 1.
7.7. Circuito 2.
7.8. Circuito 3.
7.9. Medidas del cilindro en mm.
7.10. Parte de la simulación en la que se seleccionan las propiedades del cilindro de doble efecto.
7.11. Accionamiento neumático.
7.12. Accionamiento eléctrico.
7.13. Accionamiento hidráulico.
7.14. Accionamiento manual 4/2.
7.15. Válvula 5/2 de accionamiento mixto, neumático y eléctrico con relé de 24 V.
7.16. Circuito neumático con un cilindro y un final de carrera.
7.17. Válvula 3/2 con accionamiento por rodillo (final de carrera).
7.18. Final de carrera eléctrico (se coloca en el cilindro).
7.19. Gráficas de movimientos.
7.20. Gráficas de movimientos.
7.21. Esquema neumático y eléctrico de un freno motor. Fuente: Mercedes.
7.22. Circuito hidráulico de dirección. Fuente: John Deere.
7.23. Circuito sobre panel de una dirección.
7.24. Muelle neumático de una suspensión trasera.
7.25. Circuito de instalación neumática de la suspensión. Fuente: Iveco.
7.26. Circuito hidráulico de apertura de la capota. Fuente: Audi.
7.27. Circuito hidráulico del sistema de barra estabilizadora desacoplable.
7.28. Circuito RDR. Fuente: Mercedes.
7.29. Circuito neumático inicial.
7.30. Simulación con el circuito de origen.
7.31. Simulación con el circuito modificado.
7.32. Circuito neumático final.

8 >> Sistemas de suspensión de vehículos

8.1. Conjunto dirección y suspensión. Fuente: Mazda.
8.2. Amortiguadores y muelles de suspensión de un vehículo 4 x 4 de competición.
8.3. Inclinación de la carrocería al girar.
8.4. Ejes geométricos y movimientos
8.5. Masas suspendidas.
8.6. Masas no suspendidas.
8.7. Oscilación de un muelle.
8.8. Conjunto del tren de rodaje, VW Caddy.
8.9. Tirante de la suspensión unido por silentblock.
8.10. Rótula de suspensión.
8.11. Mangueta.
8.12. Despiece del conjunto buje, mangueta y brazo telescópico.
8.13. Trapecio de suspensión.
8.14. Tirante de suspensión.
8.15. Sujeción de la barra estabilizadora mediante tacos elásticos.
8.16. Sujeción de la barra estabilizadora mediante tirantes elásticos.
8.17. Esquema básico de una barra estabilizadora.
8.18. Barra Panhard.
8.19. Tope de suspensión para McPherson.
8.20. Montaje de los topes de suspensión en el VW LT.
8.21. Muelle de goma.
8.22. Regulación de altura por medio del tensado de la barra de torsión.
8.23. Montajes de las barras de torsión.
8.24. Puntos de medición.
8.25. Ajuste de la altura.
8.26. Útil para la regulación.
8.27. Ballesta.
8.28. Suspensión trasera por ballesta del Hummer.
8.29. Montaje de las ballestas en el eje trasero de una furgoneta.
8.30. Muelle helicoidal.
8.31. Muelles helicoidales progresivos.
8.32. Curva característica de un muelle helicoidal de resistencia lineal y un muelle progresivo.
8.33. Kit de amortiguadores telescópicos.
8.34. Trabajo de la suspensión en un vehículo 4 ? 4 al sortear un obstáculo. Fuente: Porsche.
8.35. Oscilación amortiguada con un muelle blando y con un muelle duro.
8.36. Amortiguador de fricción.
8.37. Amortiguador de palanca.
8.38. Compresión del amortiguador de palanca.
8.39. Extensión del amortiguador de palanca.
8.40. Amortiguador giratorio.
8.41. Funcionamiento del amortiguador giratorio.
8.42. Amortiguador telescópico hidráulico.
8.43. Amortiguador monotubo de gas.
8.44. Funcionamiento del amortiguador monotubo de gas.
8.45. Amortiguador bitubo de gas.
8.46. Funcionamiento del amortiguador bitubo de gas.
8.47. Tipos de suspensiones.
8.48. Suspensión rígida con ballestas.
8.49. Eje y suspensión rígida con muelles.
8.50. Suspensión trasera en el eje propulsor por eje rígido y ballestas.
8.51. Puente de Dion con paralelogramo de Watt.
8.52. Puente de Dion con paralelogramo de Watt.
8.53. Suspensión independiente a las cuatro ruedas.
8.54. Paralelogramo deformable.
8.55. Montaje de la columna McPherson.
8.56. Despiece de la columna McPherson.
8.57. Tren delantero con suspensión McPherson.
8.58. Brazos tirados con dos barras de torsión.
8.59. Brazos tirados con cuatro barras de torsión.
8.60. Brazos semiarrastrados.
8.61. Brazos arrastrados.
8.62. Suspensión multibrazo.
8.63. Suspensión multibrazo.
8.64. Suspensión delantera multibrazo de un Fórmula 1.
8.65. Suspensión por ballestas de un vehículo industrial.
8.66. Montaje de la ballesta en el eje delantero.
8.67. Montaje de la ballesta para el eje trasero.
8.68. Horquilla delantera de una motocicleta.
8.69. Horquilla delantera.
8.70. Montaje de la horquilla a la rueda.
8.71. Basculante trasero de un quad.
8.72. Amortiguador trasero de una superkike.
8.73. Despiece del basculante de la rueda trasera.
8.74. Elementos que intervienen en la suspensión y que se deben diagnosticar.
8.75. Prueba dinámica del vehículo.
8.76. Prueba dinámica del vehículo.
8.77. Pesos por rueda que inciden en la suspensión.
8.78. Características del amortiguador.
8.79. Evitar utilizar pistola neumática.
8.80. Sujeción del bloque de suspensión.
8.81. Cebado del amortiguador.
8.82. Comprobación de la geometría.
8.83. Despiece de la suspensión.
8.84. Desmontaje de la rueda.
8.85. Extracción de los tornillos de unión del amortiguador con la carrocería.
8.86. Extracción del tornillo inferior del amortiguador.
8.87. Extracción del amortiguador.

8.88. Extracción del muelle.
8.89. Cebado del amortiguador nuevo.
8.90. Montaje del amortiguador nuevo.
8.91. Comprobación visual del montaje de los tornillos.

9 >> Suspensión hidroneumática, regulación de altura y control de balanceo

9.1. Muelle hidroneumático.
9.2. Circuito hidráulico principal.
9.3. Depósito hidráulico.
9.4. Funcionamiento de la bomba.
9.5. Componentes de la bomba.
9.6. Conjuntor-disyuntor.
9.7. Esquema interno del conjuntor-disyuntor.
9.8. Acumulador principal.
9.9. Válvula de seguridad.
9.10. Circuito de suspensión hidroneumática.
9.11. Esfera de suspensión montada en el bloque de suspensión.
9.12. Amortiguador insertado en la esfera.
9.13. Cilindro trasero del Citroën Xantia.
9.14. Corrector de alturas.
9.15. Eje en posición neutra.
9.16. Circuito de suspensión hidroneumática con válvula anticaída.
9.17. Válvula anticaída.
9.18. Volumen y presión en función de la carga.
9.19. Bloque de suspensión.
9.20. Configuración de la suspensión en el eje trasero.
9.21. Comportamiento de la suspensión.
9.22. Funcionamiento del amortiguador.
9.23. Regulación de alturas.
9.24. Incremento de la carga sobre la carrocería y regulación de altura.
9.25. Regulador manual de altura.
9.26. Apertura del tornillo de purga.
9.27. Apertura de tapón de llenado en el depósito y comprobación visual del nivel en el indicador.
9.28. Suspensión hidractiva en el Citroën C5.
9.29. Estados de rigidez.
9.30. Esquema de funcionamiento de la suspensión hidractiva.
9.31. Constitución de la electroválvula.
9.32. Regulador de rigidez y electroválvula.
9.33. Funcionamiento de la regulación de dureza y amortiguación.
9.34. Interruptor de mando. AUTO-SPORT.
9.35. Captador de velocidad del vehículo.
9.36. Captador de volante de dirección.
9.37. Captador de recorrido del pedal acelerador.
9.38. Captador de freno.
9.39. Contactores.
9.40. Control de alturas en el eje delantero.
9.41. Control de altura del eje trasero.
9.42. Reglaje del mando de altura delantero.
9.43. Regulación de altura de un vehículo con suspensión hidractiva.
9.44. Montaje de los componentes en el eje delantero.
9.45. Bloque hidroeléctrico.
9.46. Accionador AM/VAR.
9.47. Esquema electrohidráulico de la suspensión hidractiva 3+.
9.48. Esquema de las conexiones hidráulicas de la suspensión hidractiva 3+.
9.49. Esquema de principio de funcionamiento.
9.50. Regulación de nivel ADS en el eje trasero.
9.51. Conexiones de la unidad de válvulas Y36/6.
9.52. Esquema hidráulico de la suspensión con regulación de altura ADS.
9.53. Esquema de regulación del amortiguador.
9.54. Válvulas de amortiguación.
9.55. Acumulador de presión principal.
9.56. Circuito hidráulico principal.
9.57. Circuito hidráulico con regulación de nivel para el eje trasero, Audi 100.
9.58. Suspensión mecánica con regulación de nivel y amortiguación controlada.
9.59. Bomba.
9.60. Resonador.
9.61. Acumulador.
9.62. Regulador de altura y montaje.
9.63. Corrector de frenos.
9.64. Amortiguador delantero y válvula de rigidez.
9.65. Funcionamiento de la válvula de rigidez para los amortiguadores delanteros.
9.66. Funcionamiento de la válvula de rigidez para los amortiguadores traseros.
9.67. Funcionamiento de la válvula de modulación en compresión y extensión con una presión de 25 bares.
9.68. Esquema de funcionamiento de la suspensión trasera.
9.69. Cuadro sinóptico de los componentes eléctricos de la suspensión.
9.70. Sensor de frenado.
9.71. Funcionamiento del sensor de velocidad y ángulo de giro del volante.
9.72. Sensor de velocidad y ángulo de rotación del volante.
9.73. Esquema eléctrico de la suspensión autonivelante.
9.74. Amortiguador Hidromat.
9.75. Amortiguador Nivomat.
9.76. Funcionamiento del Nivomat.
9.77. Posición de descenso del vehículo.
9.78. Apertura del tornillo de descarga.
9.79. Aflojar la esfera del acumulador principal.
9.80. Sustitución de la junta del acumulador.
9.81. Desmontaje de las esferas delanteras.
9.82. Esfera con amortiguador.
9.83. Aflojar la esfera trasera.
9.84. Sustitución de la junta por una nueva.
9.85. Montaje de la esfera.
9.86. Aspiración del aceite del depósito.
9.87. Reposición de líquido.
9.88. Cierre del tornillo del conjuntor.
9.89. Puesta en marcha.
9.90. Lámparas indicadoras de falta de presión.
9.91. Indicador de nivel.
9.92. Citroën DS «Tiburón».

10 >> Suspensión neumática y sistemas antibalanceo

10.1. Prototipo con suspensión neumática inteligente. Fuente: Audi.
10.2. Vehículo con suspensión neumática inteligente. Fuente: Audi.
10.3. Vehículo con suspensión neumática con regulación de nivel para el eje trasero.
10.4. Grupo de alimentación de aire.
10.5. Compresor.
10.6. Filtro deshidratador.
10.7. Válvula de descarga neumática.
10.8. Electroválvulas de suspensión.
10.9. Montaje del transmisor de nivel en el eje trasero.
10.10. Muelle neumático.
10.11. Montaje del muelle neumático independiente del amortiguador en el eje trasero.
10.12. Testigo luminoso de regulación de nivel.
10.13. Esquema neumático de funcionamiento de la regulación de nivel.
10.14. Descarga y limitación de presión.
10.15. Esquema eléctrico de la suspensión neumática con regulación de nivel.
10.16. Alturas del vehículo.
10.17. Todo terreno con suspensión neumática integral.
10.18. Montaje del grupo alimentador de aire en la suspensión airmatic.
10.19. Principio de funcionamiento del sensor de presión.
10.20. Montaje del acumulador en el maletero del vehículo.
10.21. Transmisor de nivel.
10.22. Montaje del transmisor de nivel en el eje delantero.
10.23. Muelles neumáticos, trasero y delantero.
10.24. Panel de mandos de suspensión. Fuente: VW.
10.25. Esquema neumático de funcionamiento de la suspensión neumática integral.
10.26. Presurización.
10.27. Despresurización.
10.28. Esquema eléctrico de la suspensión neumática integral.
10.29. Selector de amortiguación.
10.30. Sensor de aceleración de la carrocería.

10.31. Electroválvula para la suspensión adaptativa.
10.32. Familia de características de la fuerza de amortiguación en el eje delantero de un vehículo 4x4.
10.33. Vehículo industrial con suspensión neumática.
10.34. Filtro secador con regulador de presión. Fuente: Wabco.
10.35. Montaje del filtro húmedo en el vehículo.
10.36. Montaje de los calderines principales del vehículo y de la válvula automática de purga.
10.37. Calderines de aluminio.
10.38. Conexiones de alimentación de aire de la cabina.
10.39. Depósito de la suspensión.
10.40. Sensor de carrera.
10.41. Montaje del sensor de carrera y varillaje.
10.42. Sensor de presión.
10.43. Montaje del sensor de presión.
10.44. Distribuidor electroneumático. Fuente: Wabco.
10.45. Disposición de la suspensión con resorte neumático.
10.46. Montaje del resorte neumático.
10.47. Disposición de la unidad de mando en el interior de la cabina.
10.48. Unidad de mando.
10.49. Funciones de la unidad de mando.
10.50. Unidad de control.
10.51. Válvula sensible a la carga.
10.52. Esquema electroneumático y funcionamiento de la suspensión.
10.53. Compresor bicilíndrico.
10.54. Comparación entre un vehículo con suspensión mecánica y otro con suspensión activa.
10.55. Regulador de balanceo SC/CAR.
10.56. Esquema electro-hidráulico del sistema antibalanceo SC/CAR.
10.57. Mando mecánico de balanceo.
10.58. Corrector de balanceo.
10.59. Electroválvula SC/CAR.
10.60. Montaje de los cilindros SC/CAR en el eje delantero y trasero.
10.61. Montaje de los cilindros SC/CAR en el eje trasero.
10.62. Esquema hidráulico.
10.63. Giro a la izquierda y giro a la derecha.
10.64. Montaje del sistema antibalanceo ARS.
10.65. Trazado de una curva sin sistema antibalanceo y con el sistema ARS.
10.66. Desacoplamiento de la barra estabilizadora.
10.67. Acoplamiento de la barra estabilizadora.
10.68. Suspensión neumática integral.
10.69. Vehículo con suspensión neumática integral.
10.70. Conexión del equipo de diagnosis.
10.71. Medición de la altura libre.
10.72. MMI Multi Media interface.
10.73. Pantalla visualizadora de la altura de la suspensión y el nivel de confort.
10.74. Distintas alturas de la regulación de nivel: elevación a altura máxima.
10.75. Distintas alturas de la regulación de nivel: descenso a altura mínima.

11 >> Dirección mecánica y geometría de los ejes

11.1. Radiografía de un mecanismo de dirección mecánica.
11.2. Esquema de la relación de transmisión.
11.3. Platos goniométricos.
11.4. Volante con airbag y mandos.
11.5. Columna de dirección y pares de apriete de los tornillos en Nm.
11.6. Conjunto piñón y cremallera desmontados.
11.7. Dirección con caja de tornillo y eje rígido.
11.8. Conjunto tornillo sin fin y tuerca desplazable.
11.9. Caja de tornillo sin fin y bolas circulantes.
11.10. Caja con tornillo globoide y rodillo.
11.11. Tornillo sin fin y sector dentado.
11.12. Tornillo sin fin globoide.
11.13. Tornillo sin fin cilíndrico y tuerca.
11.14. Tirantería de un Jeep con caja de tornillo sin fin.
11.15. Bieleta y rótula de dirección.
11.16. Tirantería de dirección de cuatro ruedas directrices. Fuente IVECO.
11.17. Punto geométrico de giro o centro de rotación.
11.18. Trayectoria teórica de un vehículo en línea recta.
11.19. Ángulos de giro de las ruedas delanteras.
11.20. Cuadrilátero de Ackermann.
11.21. Ángulo de empuje.
11.22. Vehículo con eje trasero no alineado con el delantero.
11.23. Set back.
11.24. Vía y batalla de un vehículo.
11.25. Convergencia en grados.
11.26. Convergencia y divergencia.
11.27. Efectos de la convergencia o divergencia excesivas en los neumáticos.
11.28. Ángulo de caída.
11.29. Ángulos de caída.
11.30. Ángulo de salida.
11.31. Ángulo incluido.
11.32. Ángulo de avance positivo.
11.33. Equipo electrónico convencional.
11.34. Equipo de alineación 3D.
11.35. Equipo electrónico.
11.36. Bloqueo con el útil de fijación.
11.37. Elementos del sistema de dirección.
11.38. Comprobación de holguras.
11.39. Comprobación de holguras.
11.40. Medición de la presión.
11.41. Punto medio de la dirección.
11.42. Montaje de la garra y el sensor delantero.
11.43. Montaje del cableado.
11.44. Equipo de alineación.
11.45. Alabeo de las ruedas.
11.46. Datos de alineación.
11.47. Regulación de la convergencia.
11.48. Alineación de un vehículo de competición.

12 >> La dirección asistida

12.1. Peugeot 601 con dirección mecánica.
12.2. Dirección asistida.
12.3. Componentes de la dirección hidráulica.
12.4. Componentes de la dirección con asistencia hidráulica.
12.5. Depósito de aceite de la dirección.
12.6. Despiece y sección de la bomba hidráulica.
12.7. Montaje de la bomba hidráulica de la dirección asistida en el vehículo.
12.8. Despiece de la válvula reguladora de presión y caudal.
12.9. Válvula reguladora de presión.
12.10. Montaje de la válvula reguladora de presión y caudal en la bomba.
12.11. Disposición de la válvula distribuidora.
12.12. Funcionamiento de la válvula en estrella.
12.13. Funcionamiento de la válvula distribuidora de la dirección de cremallera.
12.14. Cilindro hidráulico externo de asistencia.
12.15. Elementos de la caja de dirección de una servodirección.
12.16. Montaje de la caja de la dirección de una dirección hidráulica de tornillo sinfín.
12.17. Componentes de la dirección asistida de tornillo sinfín y circulación de bolas.
12.18. Dirección hidráulica de tornillo.
12.19. Disposición en el vehículo y esquema hidráulico.
12.20. Dirección hidráulica de diseño modular.
12.21. Dirección hidráulica de diseño semimodular.
12.22. Purgado del líquido de la servodirección.
12.23. Esquema de componentes que integra una dirección hidráulica con gestión electrónica.
12.24. Componentes del sistema servotronic ZF.
12.25. Servotronic ZF.
12.26. Disposición de los elementos en el vehículo.
12.27. Componentes y señales de la dirección electrohidráulica. Fuente: SEAT.
12.28. Grupo electrobomba.
12.29. Equipo de diagnosis.
12.30. Motor eléctrico y disposición de los transmisores hall.
12.31. Señal procedente de un sensor de efecto hall.
12.32. Sensor de giro la dirección.
12.33. Testigo luminoso del cuadro.
12.34. Tapón para la verificación de nivel.

12.35. Representación de la dirección en posición recta. Fuente Seat.
12.36. Representación de la dirección en un giro hacia la izquierda. Fuente: SEAT.
12.37. Esquema eléctrico de la dirección EPHS. Fuente: SEAT.
12.38. Señales de entrada y salida.
12.39. Esquema de la servodirección paramétrica. Fuente Mercedes.
12.40. Funcionamiento de la dirección paramétrica en línea recta.
12.41. Funcionamiento de la dirección paramétrica en curva.
12.42. Diagrama característico de la dirección.
12.43. Válvula electromagnética abierta y válvula electromagnética cerrada.
12.44. Detalle de la válvula de corredera y de las bolas de reacción.
12.45. Efecto de la velocidad para el accionamiento de la válvula.
12.46. Funcionamiento de la caja de correderas. Fuente: Mercedes.
12.47. Situación de maniobra, ampliación de giro de rueda. Fuente: BMW.
12.48. Situación de giro a velocidad rápida, disminución del ángulo de giro. Fuente: BMW.
12.49. Dispositivo ASF. Fuente: BMW.
12.50. Esquema de componentes de la dirección electromecánica de doble piñón.
12.51. Motor eléctrico asíncrono.
12.52. Caja de la dirección.
12.53. Unidad de control.
12.54. Unidad de control de la dirección asistida.
12.55. Sensor de ángulo de la dirección.
12.56. Sensor de par de la dirección.
12.57. Unidad de control del ABS.
12.58. Curvas características de la dirección electromecánica de doble piñón.
12.59. Funcionamiento de la servoasistencia.
12.60. Motor eléctrico de servoasistencia.
12.61. Dirección eléctrica EPS.
12.62. Sistema Active Drive. Fuente: Renault.
12.63. Grados de inclinación de las ruedas del eje trasero. Fuente: Renault.
12.64. Motor eléctrico de accionamiento y centralita del eje trasero direccional. Fuente: Renault.
12.65. Verificación con equipo de diagnosis. Fuente: BOSCH.
12.66. Testigo de avería.
12.67. Conector de diagnosis.
12.68. Identificación del sistema.
12.69. Identificación de unidad de mando.
12.70. Lectura de memoria de averías.
12.71. Lectura de valores reales.
12.72. Lectura de valores reales.
12.73. Ubicación en la caja de la dirección.
12.74. Valores del sensor de velocidad una vez sustituido.

13 >> Ruedas

13.1. Rueda de un vehículo de competición.
13.2. Comportamiento del vehículo al tomar una curva.
13.3. Dimensiones de la rueda.
13.4. Llanta metálica de turismo.
13.5. Rueda con llanta de radios de una motocicleta.
13.6. Partes principales de la llanta.
13.7. Perfil de la llanta.
13.8. Llanta de base honda.
13.9. Juego de llantas de camión.
13.10. Llantas de base plana.
13.11. Dimensiones de la llanta.
13.12. Terminología de la llanta.
13.13. Expositor de neumáticos.
13.14. Carcasa de una rueda.
13.15. Profundidad de la banda de rodadura.
13.16. Partes de un neumático.
13.17. Marcaje del neumático. Fuente: Michelin.
13.18. Principales cotas del neumático.
13.19. Índice de carga 91 y código de velocidad Y.
13.20. Fecha de fabricación del neumático.
13.21. Neumático tipo tubeless.
13.22. Estructura de carcasa diagonal.
13.23. Estructura de carcasa radial.
13.24. Neumático de camión DA.
13.25. Neumático recauchutado.
13.26. Neumático asimétrico.
13.27. Presión de aire en la rueda.
13.28. Cámara de turismo.
13.29. Válvula TR 413.
13.30. Montaje de la válvula.
13.31. Desmontaje del neumático.
13.32. Desmontaje del talón.
13.33. Extracción del talón de la llanta.
13.34. Aplicación de la pasta de montaje.
13.35. Colocación del neumático.
13.36. Montaje del neumático con ayuda del desmontable.
13.37. Inflado del neumático.
13.38. Equilibradora de ruedas de turismo.
13.39. Tipos de desequilibrios.
13.40. Contrapesas de cinc para el equilibrado de ruedas.
13.41. Equilibrado con máquina convencional.
13.42. Equilibradora con optimizado automático.
13.43. Elevación del vehículo.
13.44. Neumáticos de motocicleta y turismo.
13.45. Multilaminillas.
13.46. Vehículo 4 X 4 con neumáticos de competición.
13.47. Neumáticos de competición.
13.48. Neumático agrícola con tacos en forma de espiga.
13.49. Neumáticos para vehículo agrícola.
13.50. Neumático de camioneta.
13.51. Neumático de camión con dibujo de dirección y con dibujo de tracción.
13.52. Dumper gigante.
13.53. Neumático industrial.
13.54. Verificación de la presión.
13.55. Desgaste por divergencia.
13.56. Desgaste exterior por caída positiva.
13.57. Efectos de una presión inadecuada.
13.58. Defectos provocados por la suspensión.
13.59. Influencia de la velocidad en el desgaste.
13.60. Desgaste por sobrepresión.
13.61. Rotura del talón por defecto de montaje.
13.62. Rendimiento kilométrico del neumático.
13.63. Otros deterioros comunes en los neumáticos.
13.64. Dislocación de la cubierta por rodaje sin aire.
13.65. Equipo de reparación de neumáticos.
13.66. Vulcanizado de un neumático.
13.67. Parche PRP.
13.68. Reesculturado.
13.69. Proceso de reesculturado de un neumático.
13.70. Sistema run flat.
13.71. Comparación de un neumático convencional y pax system.
13.72. Componentes del pax system.
13.73. Neumático sin aire tweel.
13.74. Sensor para el control de la presión de los neumáticos.
13.75. Sistema de control de la presión de los neumáticos en el Audi A8.
13.76. Criterios de equivalencias de neumáticos.
13.77. Criterios de equivalencias de neumáticos.
13.78. Extracción de la rueda.
13.79. Desmontaje del obús y extracción del aire.
13.80. Desmontaje de la parte exterior del neumático.
13.81. Destalonado del neumático por la parte interior.
13.82. Extracción de la cara exterior del neumático.
13.83. Extracción de la cara interior del neumático.
13.84. Lubricación del neumático.
13.85. Montaje del lado interior.
13.86. Montaje del lado exterior.
13.87. Neumático montado.
13.88. Inflado de la rueda.
13.89. Equilibrado de la rueda.
13.90. Michelin Coraldo.